

(19)



(11)

**EP 3 775 669 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**12.06.2024 Patentblatt 2024/24**

(21) Anmeldenummer: **19720394.6**

(22) Anmeldetag: **08.04.2019**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**F17C 13/02<sup>(2006.01)</sup>**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**F17C 13/025**; F17C 2201/0109; F17C 2201/054;  
F17C 2205/0332; F17C 2221/011; F17C 2221/013;  
F17C 2221/014; F17C 2221/016; F17C 2221/033;  
F17C 2223/0161; F17C 2223/033; F17C 2223/035;  
F17C 2227/0107; F17C 2227/0135;  
F17C 2250/032; (Forts.)

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2019/058836**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2019/193206 (10.10.2019 Gazette 2019/41)**

(54) **TANKANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR FÜLLSTANDSREGELUNG**

TANK ARRANGEMENT AND METHOD FOR CONTROLLING THE FILLING LEVEL

SYSTÈME DE RÉSERVOIR ET PROCÉDÉ DE RÉGULATION DU NIVEAU DE REMPLISSAGE

(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**

(30) Priorität: **06.04.2018 DE 102018108214**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**17.02.2021 Patentblatt 2021/07**

(73) Patentinhaber: **Samson AG**

**60314 Frankfurt (DE)**

(72) Erfinder: **FIEBIGER, Andreas**

**65232 Taunusstein (DE)**

(74) Vertreter: **Puschmann Borchert Kaiser Klettner**

**Patentanwälte Partnerschaft mbB**

**Bajuwarenring 21**

**82041 Oberhaching (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A2- 1 521 933**

**EP-A2- 2 772 677**

**DE-A1-102004 043 488**

**DE-U1-202014 102 808**

**US-A- 3 858 404**

**EP 3 775 669 B1**

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

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)  
F17C 2250/043; F17C 2250/0434;  
F17C 2250/0439; F17C 2250/0443;  
F17C 2250/0626; F17C 2250/0694; F17C 2260/024

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Tankanordnung für kryogene Medien und ein Verfahren zur Füllstandsregelung von kryogenen Medien in einer Tankanordnung.

**[0002]** Aus der DE 20 2014 102 808 U ist eine Tankanordnung zur Füllstandmessung von kryogenen Fluiden bekannt, die einen Tank sowie einen Differenzdruckmesser umfasst, der über eine Fluidleitung mit dem unteren Tankbereich in dem flüssigen Anteil des kryogenen Mediums verbunden ist und zudem über eine weitere Fluidleitung mit dem oberen Tankbereich in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums verbunden ist. Ein Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des Fluids und/oder eine Absolutdruck-Messeinrichtung dient/dienen dazu, den Druck im und/oder die Temperatur des Fluids in dem oberen Tankbereich zu erfassen. Eine Auswerteeinheit, die mit dem Differenzdruckmesser und dem Absolutdruck-Messeinrichtung und/oder dem Temperatursensor in Verbindung steht, berechnet anhand der ermittelten Werte den Füllstand. Bei dieser Tankanordnung wird nur der Füllstand gemessen, sodass das Potential dieser Tankanordnung nicht ausgeschöpft werden kann.

**[0003]** Eine weitere Anordnung, bei der der Flüssigkeitsfüllstand in einem kryogenen Tank ermittelt wird, ist aus der DE 10 2004 043 488 A1 bekannt. Dabei wird der Differenzdruck zwischen Gasdruck und Bodendruck erfasst, wobei der Gasdruck auf einen vordefinierten Wert geregelt werden kann.

**[0004]** Die WO 2004/005791 A1 und die EP 2 770 677 A2 offenbaren Tankanordnungen für kryogene Fluide, bei welchen der Gasdruck im Tank geregelt werden kann, um die Ausgabe des Mediums zu beeinflussen. Dazu ist jeweils ein Verdampfer in einem Ablauf des Tanks vorgesehen, um den Gasdruck zu erhöhen. Um den Gasdruck im oberen Bereich des Tanks bedarfsgemäß zu reduzieren, ist ein Entlüftungsventil vorgesehen.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Tankanordnung bereit zu stellen, durch die nicht nur der Füllstand gemessen werden kann, sondern bei der die Anwendung der bekannten Tankanordnung erweitert und ein energiesparender Betrieb der Tankanordnung erreicht werden soll.

**[0006]** Zur Lösung der Aufgabe umfasst eine erfindungsgemäße Tankanordnung zur Füllstandsregelung von kryogenen Medien einen Tank mit einer Zuflussleitung und einer Abflussleitung. Ferner erfasst die Tankanordnung eine Differenzdruck-Messeinrichtung, die über eine Fluidleitung mit einem unteren Tankbereich verbunden ist, in dem der flüssige Anteil des Mediums vorhanden ist, sowie über eine weitere Fluidleitung mit einem oberen Tankbereich verbunden ist, in dem der gasförmige Anteil des Mediums als Gasblase vorhanden ist, eine Absolutdruck-Messeinrichtung und/oder einen Temperatursensor zur Messung des Drucks und/oder der Temperatur im oberen Tankbereich. Zudem umfasst die Tankanordnung einen Verdampfer in einer Zweigleitung

zwischen der Zuflussleitung und dem oberen Tankbereich des Tanks. Ferner umfasst die Tankanordnung eine Steuereinheit, die ein zur Druckregelung geeignetes, dem Verdampfer in der Zweigleitung nachgeschaltetes Gasdruck-Stellventil zur Steuerung des Drucks in dem oberen Tankbereich, regelt. Ferner umfasst die Steuereinheit und einen mit der Differenzdruck-Messeinrichtung sowie der Absolutdruck-Messeinrichtung und/oder einem Temperatursensor verbundenen Bodendruckregler zur Ansteuerung des Gasdruck-Stellventils, wobei der Bodendruckregler konfiguriert ist, den Druck in dem gasförmigen Anteil des Mediums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des Mediums auf einen konstanten Bodendruck zu regeln.

**[0007]** Wenn der Bodendruck auf den konstanten Sollwert geregelt wird, nimmt der Druck in dem gasförmigen Medium, der zur Aufrechterhaltung des Soll-Bodendrucks erforderlich ist, mit Zunahme des flüssigen Mediums ab, wobei sich eine Einsparung an in dem Betrieb erforderlichen Medium ergibt. Damit wird über die Lebensdauer eine minimal erforderliche Menge an flüssigem Medium verdampft. Wenn das Gasdruck-Stellventil direkt über die Steuereinheit angesteuert wird, die den Absolutdruck und/oder die Temperatur in dem oberen Tankbereich als Regelgröße verwendet, kann die Regeltoleranz verkleinert werden und die Gasblase in dem oberen Tankbereich kann kleiner ausgelegt werden. Schließlich ist vorteilhaft, dass bei der erfindungsgemäßen Tankanordnung die Funktionen des Bodendruckreglers und des Gasdruck-Stellventils sich wechselseitig ergänzen, indem die Gasdruckregelung sowohl zur Regelung der Gasdrucks in der Gasblase in dem oberen Tankbereich als auch zur Bodendruckregelung eingesetzt wird.

**[0008]** Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist in der Steuereinheit ein Speicher vorgesehen, in dem ein Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums vorzugsweise als Funktion oder Tabelle gespeichert ist.

**[0009]** Ein Temperatursensor in der Zweigleitung kann in dem Bereich des Gasdruck-Stellventils zur Regelung der Durchflussgeschwindigkeit derart verwendet werden, dass ein in der Zweigleitung angeordneter Verdampfer in der Lage ist, die von dem Stellventil durchgelassene Gasmenge zu verdampfen. Wenn der Temperatursensor eine Temperatur misst, die auf flüssiges Medium schließen lässt, wird der Durchfluss des Mediums durch das Gasdruck-Stellventil so weit gedrosselt, dass der Verdampfer das an dem Gasdruck-Stellventil ankommende Medium vollständig verdampfen kann, sodass die Tankanordnung störungsfrei arbeiten kann.

**[0010]** Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Tankanordnung eine Durchfluss-Messeinrichtung in der Zuflussleitung und in der Steuereinheit einen Durchflussregler, die konfiguriert sind, den Zufluss der kryogenen Flüssigkeit durch ein Zufluss-Stellventil in der Zuflussleitung zu regeln.

**[0011]** Nach einer alternativen Ausführung umfasst die Tankanordnung eine Durchfluss-Messeinrichtung in der Abflussleitung und in der Steuereinheit einen Durchflussregler, die konfiguriert sind, den Abfluss der kryogenen Flüssigkeit durch ein Abfluss-Stellventil in der Abflussleitung zu regeln.

**[0012]** Wenn der Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Bodendruckregler und dem Zuflussregler geregelt wird, und wenn der Abfluss der kryogenen Flüssigkeit aus dem Tank unter Berücksichtigung eines Stellsignals des Bodendruckreglers und des Abflussreglers geregelt wird, dann kann in vorteilhafter Weise der für die Soll-Abflussgeschwindigkeit bzw. die Soll-Zuflussgeschwindigkeit erforderliche Bodendruck so eingestellt werden, dass die Vorgaben dafür erfüllt werden und dass eine vorgegebene Abfluss- bzw. Zufluss-Geschwindigkeit konstant gehalten werden kann. Dadurch kann auch eine wesentlich genauere und vor allem sicherere Befüllung und Entleerung des Tanks erreicht werden.

**[0013]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann die Tankanordnung eine, insbesondere temporär über einen Tankwagen, an die Zuflussleitung der Tankanordnung angeschlossene Pumpe zur Befüllung des Tanks umfassen. Der Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank wird unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Durchflussregler und einer Zuflusspumpe geregelt, wobei das Stellsignal abhängig vom durch den Regler ermittelten Flüssigkeitsfüllstand ist.

**[0014]** Zur Lösung der Aufgabe umfasst ein Verfahren zur Füllstandregelung von kryogenen Medien gemäß der Erfindung die Merkmale von Anspruch 8, während vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens in den restlichen Unteransprüchen charakterisiert werden. Die Vorteile werden analog zu denen der Tankanordnung nach den Ansprüchen 1 bis 7 erreicht

**[0015]** So betrifft die Erfindung gemäß einem weiteren Aspekt ein Verfahren zur Füllstandregelung von kryogenen Medien in einem Tank umfassend das Messen eines Differenzdrucks durch eine Differenzdruck-Messeinrichtung, die über eine Anschlussleitung mit dem unteren Tankbereich verbunden ist und zudem über eine weitere Anschlussleitung mit dem oberen Tankbereich verbunden ist, ferner umfassend, das Messen eines Absolutdrucks durch eine Absolutdruck-Messeinrichtung und/oder einen Temperatursensor im oberen Tankbereich im gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums, sowie Steuern des Drucks in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank durch ein Gasdruck-Stellventil, wobei der Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums durch das Gasdruck-Stellventil in einer Zweigleitung zwischen einer Zuflussleitung und dem oberen Tankbereich geregelt wird, und das Ansteuern des Gasdruck-Stellventils durch einen mit der Differenzdruck-Messeinrichtung verbundene Bodendruckregler erfolgt.

**[0016]** Erfindungsgemäß regelt der Bodendruckregler den Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Me-

diums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums auf einen konstanten Bodendruck.

**[0017]** Bevorzugt ist in dem Bodendruckregler ein Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums gespeichert.

**[0018]** Insbesondere ist in dem Speicher in dem Bodendruckregler der Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums als Funktion oder Tabelle gespeichert.

**[0019]** Weiter bevorzugt wird ein Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Bodendruckregler und über einen Zuflussregler über ein Stellventil geregelt.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann der Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Bodendruckregler und dem Zuflussregler eine Zuflusspumpe geregelt werden.

**[0021]** In vorteilhafter Weise kann der Abfluss der kryogenen Flüssigkeit aus dem Tank unter Berücksichtigung eines Stellsignals des Bodendruckreglers und eines Abflussreglers geregelt werden.

**[0022]** Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

**[0023]** In der Beschreibung, in den Ansprüchen und in der Zeichnung werden die in der unten aufgeführten Liste der Bezugszeichen verwendeten Begriffe und zugeordneten Bezugszeichen verwendet. In der Zeichnung bedeutet:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Tankanordnung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Tankanordnung, und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Tankanordnung.

**[0024]** Fig. 1 zeigt eine Tankanordnung 2 zur Regelung des Füllstands 4 in einem Tank 6, der mit einem kryogenen Medium 8 zu befüllen ist. Der Tank 6 ist mit einer Zuflussleitung 10 und einer Abflussleitung 12 verbunden. Die Tankanordnung 2 umfasst eine Steuereinheit 14A, die mit einer Differenzdruck-Messeinrichtung 16, einer Absolutdruck-Messeinrichtung 18 und einem Durchfluss-Sensor in der Abflussleitung 12 zur Aufnahme von Messsignalen verbunden ist. Die Absolutdruck-Messeinrichtung 18 ist über eine Anschlussleitung 20 mit einem

oberen Tankbereich 22 verbunden und erfasst entsprechend den absoluten Druck in der Gasblase in dem oberen Tankbereich 22. Die Differenzdruck-Messeinrichtung 16 ist durch eine Anschlussleitung mit dem oberen Tankbereich 22 und mit einer Anschlussleitung 26 mit dem unteren Tankbereich 28 verbunden, in dem der flüssige Anteil des flüssigen Mediums vorhanden ist. Die Differenzdruck-Messeinrichtung 16 erfasst daher den Differenzdruck zwischen dem Druck in dem oberen Tankbereich 22 und in dem unteren Tankbereich 28.

**[0025]** Die Differenzdruck-Messeinrichtung 16 und die Absolutdruck-Messeinrichtung 18 sind mit einer Steuereinheit 14A verbunden, in der für unterschiedliche Medien Siedekurven und Dichtekurven zur Auswahl hinterlegt sind. Diese Medien sind beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Kohlendioxid oder Erdgas. Mit den Messwerten des Absolutdrucks sowie des Differenzdrucks kann unter Berücksichtigung der auf der Steuereinheit 14A hinterlegten Daten eine genaue Berechnung des Volumens des in flüssigem Aggregatzustand befindlichen Mediums und damit des Füllstands erfolgen.

**[0026]** Die Steuereinheit 14A umfasst einen Speicher 30, in dem Siedekurven und Dichtekurven für unterschiedliche Medien, das heißt Soll-Druckwerte für den Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank 6 abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums als Tabelle oder Funktion gespeichert sind.

**[0027]** Die Steuereinheit 14A umfasst weiterhin einen Bodendruckregler 32, der als Eingang die Ausgangssignale der Differenzdruck-Messeinrichtung 16 und der Absolutdruck-Messeinrichtung 18 erhält und ein Steuerungssignal für die Regelgröße  $Y_{pB}$  ausgibt, das ein Gasdruck-Stellventil 34 ansteuert, mit dem der Druck in der Gasblase in dem oberen Tankbereich 22 entsprechend der Regelgröße  $Y_{pB}$  gesteuert wird. Das Gasdruck-Stellventil 34 liegt in einer Zweigleitung 36 von der Zuflussleitung 10 zu dem oberen Tankbereich 22 und steuert zusammen mit einem Verdampfer 38, der in der Zweigleitung 36 zwischen der Zuflussleitung 10 und dem Gasdruck-Stellventil 34 positioniert ist, den Zufluss von verdampftem Medium in den oberen Tankbereich 22. Wenn der Druck in dem oberen Tankbereich 22 zu hoch wird, wird der Druck über ein Überlaufventil 40 entlastet. Wenn der Druck in dem oberen Tankbereich 22 zu niedrig ist, wird flüssiges Medium an den Verdampfer 38 geliefert, dort verdampft und über das Gasdruck-Stellventil 34 an den oberen Tankbereich 22 geliefert, bis ein entsprechender Solldruck in dem oberen Tankbereich 22 erreicht ist, worauf das Gasdruck-Stellventil 34 wieder geschlossen wird.

**[0028]** Die Steuereinheit 14A umfasst einen Durchflussregler 42, der als Eingang das Ausgangssignal der Durchfluss-Messeinrichtung 44 erhält und ein Durchfluss-Steuerungssignal für die Regelgröße  $Y_{Q_{AUS}}$  ausgibt, das ein Durchfluss-Stellventil 45 ansteuert, mit dem der Durchfluss in der Abflussleitung 12 entsprechend der Regelgröße  $Y_{Q_{AUS}}$  gesteuert wird. Das Durchfluss-Stellven-

til 45 liegt in der Abflussleitung 12 stromab von der Durchfluss-Messeinrichtung 44. Der Durchflussregler 42 regelt den Durchfluss über einen Regelalgorithmus für den Durchfluss  $Q_{AUS}$ , indem ein Durchfluss-Steuerungssignal für die Regelgröße  $Y_{Q_{AUS}}$  an den Durchflussregler 42 abgegeben wird.

$$e_{Q_{AUS}} = Q_{AUS\ SOLL} - Q_{AUS\ IST}$$

$$y_{Q_{AUS}} = f(e_{Q_{AUS}}, \dot{e}_{Q_{AUS}}, \int e_{Q_{AUS}} dt)$$

wobei  $e_{Q_{AUS}}$  die Regeldifferenz für die Durchflussgeschwindigkeit in der Abflussleitung,  $Q_{AUS\ SOLL}$  die Soll-Durchflussgeschwindigkeit in der Abflussleitung,  $Q_{AUS\ IST}$  die Ist-Durchflussgeschwindigkeit in der Abflussleitung,  $y_{Q_{AUS}}$  die Regelgröße für die Durchflussgeschwindigkeit in der Abflussleitung,  $\dot{e}_{Q_{AUS}}$  die zeitliche Ableitung der Regeldifferenz und  $\int e_{Q_{AUS}} dt$  das Integral von der Regeldifferenz nach der Zeit bedeutet.

**[0029]** Schließlich ist zur Regelung der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums in der Zweigleitung 36 zwischen dem Gasdruck-Stellventil 34 in der Zweigleitung 36 und dem oberen Tankbereich 22 ein Temperatursensor 46 angeordnet, der die Temperatur des Mediums in der Zweigleitung 36 misst und die entsprechenden Messwerte an die Steuereinheit 14A abgibt. In der Steuereinheit 14A wird sodann festgestellt, ob die Temperatur des Mediums an dem Temperatursensor 46 in einem Bereich liegt, in dem das kryogene Medium flüssig ist. Wenn ja wird der Durchfluss durch den Verdampfer so weit gedrosselt, dass der Verdampfer 38 in der Lage ist, die von dem Gasdruck-Stellventil 34 durchgelassene Gasmenge zu verdampfen. Damit wird sichergestellt, dass kein flüssiges Medium über die Zweigleitung 36 in den oberen Tankbereich 22 gelangt.

**[0030]** Die erfindungsgemäße Tankanordnung ist so ausgelegt, dass aus den Messwerten für den Differenzdruck zwischen dem Druck in dem gasförmigen Medium und dem Druck in dem flüssigen Medium, für den Absolutdruck bzw. die Temperatur in dem gasförmigen Medium ein Solldruck in dem gasförmigen Medium bestimmt wird, sodass der Bodendruck unabhängig von dem Füllstand konstant gehalten wird, wobei der Soll-Bodendruck für eine bestimmte Tankanordnung und ein bestimmtes Gas beispielsweise herstellenseitig vorgegeben wird. Die Regelung des Soll-Bodendrucks erfolgt dazu nach folgenden Formeln:

$$e_{pB} = p_{B\ SOLL} - p_{B\ IST}$$

$$y_{pB} = f(e_{pB}, \dot{e}_{pB}, \int e_{pB} dt)$$

wobei  $e_{pB}$  die Regeldifferenz für den Bodendruck,  $p_{B\ SOLL}$  der Soll-Bodendruck,  $p_{B\ IST}$  der Ist-Bodendruck

und  $y_{pB}$  das Stellsignal am Ausgang des Bodendruckreglers,  $\dot{e}_{pB}$  die zeitliche Ableitung der Regeldifferenz und  $\int e_{pB} dt$  das Integral von der Regeldifferenz nach der Zeit bedeutet.

**[0031]** Da in einer derartigen Regelung der Gasdruck in dem oberen Tankbereich 22 über das Gasdruck-Stellventil 34 geregelt wird, kann der Bodendruck  $p_B$  über einen veränderlichen Gasdruck konstant gehalten werden, indem der Gasdruck auf den Bodendruck  $p_B$  abzüglich des aktuellen Differenzdrucks  $\Delta p$  geregelt wird. Berechnet wird der Gasdruck-Sollwert aus der Vorgabe des Betreibers für den Bodendruck  $p_B$  und aus dem Differenzdruck  $\Delta p$ , der an der Differenzdruck-Messeinrichtung gemessen wird, nach folgenden Formeln:

$$p_{\text{Gas}} = p_B - \Delta p$$

$$p_B = \text{const}$$

**[0032]** Fig. 2 zeigt eine abgewandelte Ausführung der erfindungsgemäßen Tankanordnung 2 von Fig. 1, wobei gleiche Bezugszeichen für entsprechende Teile verwendet werden. Insbesondere der Bodendruckregler 32 zur Regelung des Bodendrucks, die Gasdruckregelung durch das Gasdruck-Stellventil 34, der Temperatursensor 46 und der Durchfluss-Regelkreis sind in Fig. 2 analog zu den entsprechenden Einheiten in Fig. 1 ausgebildet.

**[0033]** Die Steuereinheit 14B umfasst einen Durchflussregler 50, der als Eingang das Ausgangssignal der Durchfluss-Messeinrichtung 52 erhält und ein Durchfluss-Steuersignal für die Regelgröße  $Y_{0\text{ein}}$  über einen Regelalgorithmus für den Durchfluss  $Q_{\text{ein}}$  ausgibt, das ein Durchfluss-Stellventil 54 ansteuert, mit dem der Durchfluss in der Auslassleitung 10 entsprechend der Regelgröße  $Y_{0\text{ein}}$  gesteuert wird. Das Durchfluss-Stellventil 54 liegt in der Zuflussleitung 10 des Tanks 6 stromauf von der Durchfluss-Messeinrichtung 52 und regelt den Durchfluss durch ein Steuersignal für die Regelgröße  $Y_{0\text{ein}}$ , das von dem Durchflussregler 50 an das Durchfluss-Stellventil 54 abgegeben wird. Die Regelgröße  $Y_{0\text{ein}}$  wird wie folgt ermittelt:

$$e_{Q\text{ein}} = Q_{\text{EIN SOLL}} - Q_{\text{EIN IST}}$$

$$y_{Q\text{ein}} = f(e_{Q\text{ein}}, \dot{e}_{Q\text{ein}}, \int e_{Q\text{ein}} dt)$$

wobei  $e_{Q\text{ein}}$  die Regeldifferenz für die Durchflussgeschwindigkeit in der Zuflussleitung,  $Q_{\text{EIN SOLL}}$  die Soll-Durchflussgeschwindigkeit in der Zuflussleitung,  $Q_{\text{EIN IST}}$  die Ist-Durchflussgeschwindigkeit in der Zuflussleitung,  $Y_{\text{Qaus}}$  die Regelgröße für die Durchflussgeschwindigkeit in der Zuflussleitung,  $\dot{e}_{Q\text{ein}}$  die zeitliche Ableitung der Regeldifferenz und  $\int e_{Q\text{ein}} dt$  das Integral

von der Regeldifferenz nach der Zeit bedeutet.

**[0034]** Im Unterschied zu Fig. 1 wird in der Tankanordnung von Fig. 2 die Durchflussgeschwindigkeit in der Zuflussleitung 10 geregelt. Dazu ist anstelle der Absolutdruck-Messeinrichtung 18 in Fig. 1 ein Temperatursensor 56 in Fig. 2 vorgesehen, der die Temperatur des gasförmigen Anteils des Mediums in dem oberen Tankbereich 22 erfasst. Da der Gasdruck und die Temperatur über die Siedekurve gekoppelt sind, kann auch aufgrund der Kenntnis von Differenzdruck und Temperatur der Füllstand in dem Tank 6 berechnet werden.

**[0035]** Fig. 3 zeigt eine Tankanordnung, die ähnlich zu der in Fig. 2 beschriebenen Tankanordnung, ist. Im Unterschied zu Fig. 2, weist die erfindungsgemäße Tankanordnung anstelle eines Stellventils 54 eine Pumpe 58 zur Befüllung des Tanks auf. Die Pumpe 58 kann insbesondere Teil eines temporär an die Zuflussleitung 10 des Tanks angeschlossener Tankwagen sein. Die Anordnung mit einer Pumpe 58 kann auch in einer Anordnung gemäß Fig. 1, bei der der Gasdruck über eine Absolutdruck-Messeinrichtung 18 erfolgt, Anwendung finden.

#### Bezugszeichenliste

25	<b>[0036]</b>	
2		Tankanordnung
4		Füllstand
6		Tank
30	8	Medium
10		Zuflussleitung
12		Abflussleitung
14A		Steuereinheit
14B		Steuereinheit
35	16	Differenzdruck-Messeinrichtung
	18	Absolutdruck-Messeinrichtung
20		Anschlussleitung
22		oberer Tankbereich
24		Anschlussleitung
40	26	Anschlussleitung
	28	unterer Tankbereich
30		Speicher
32		Bodendruckregler
34		Gasdruck-Steuerventil
45	36	Zweigleitung
	38	Verdampfer
40		Überlaufventil
42		Durchflussregler
44		Durchfluss-Messeinrichtung
50	45	Durchfluss-Stellventil
46		Temperatursensor
50		Durchflussregler
52		Durchfluss-Messeinrichtung
54		Durchfluss-Stellventil
55	56	Temperatursensor
	58	Pumpe

## Patentansprüche

1. Tankanordnung zur Füllstandregelung von kryogenen Medien umfassend:

einen Tank (6) mit einer Zuflussleitung (10) und einer Abflussleitung (12),  
 eine Differenzdruck-Messeinrichtung (16), die über eine Fluidleitung (26) mit einem unteren Tankbereich (28) verbunden ist, in dem der flüssige Anteil des Mediums vorhanden ist, und zudem über eine weitere Fluidleitung (20) mit einem oberen Tankbereich (22) verbunden ist, in dem der gasförmige Anteil des Mediums vorhanden ist,  
 eine Absolutdruck-Messeinrichtung (18) und/oder einen Temperatursensor (18) zur Messung des Drucks und/oder der Temperatur im oberen Tankbereich (22),  
 einen Verdampfer (38) in einer Zweigleitung (36) zwischen der Zuflussleitung (10) und dem oberen Tankbereich (22), eine Steuereinheit (14A, 14B), die ein zur Druckregelung geeignetes, dem Verdampfer (38) in der Zweigleitung (36) nachgeschaltetes Gasdruck-Stellventil (34) zur Steuerung des Drucks in dem im oberen Tankbereich (22) regelt, und einen mit der Differenzdruck-Messeinrichtung (16) sowie der Absolutdruck-Messeinrichtung (18) und/oder einen Temperatursensor (18) verbundenen Bodendruckregler (32) zur Ansteuerung des Gasdruck-Stellventils (34) umfasst, wobei der Bodendruckregler (32) konfiguriert ist, den Druck in dem gasförmigen Anteil des Mediums in dem Tank (6) abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des Mediums auf einen konstanten Bodendruck zu regeln.

2. Tankanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuereinheit (14B, 14B) ein Speicher (30) vorgesehen ist, in dem ein Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank (6) abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums gespeichert ist.
3. Tankanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Speicher (30) in der Steuereinheit (14B, 14B) der Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums als Funktion oder Tabelle gespeichert ist.
4. Tankanordnung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Temperatursensor (46) in der Zweigleitung (36) in dem Bereich des Gasdruck-Stellventils (34) zur Regelung der Durchfluss-

geschwindigkeit verwendet wird, derart, dass ein in der Zweigleitung (36) angeordneter Verdampfer (38) in der Lage ist, die von dem Gasdruck-Stellventil (34) durchgelassene Gasmenge zu verdampfen.

5. Tankanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Durchfluss-Messeinrichtung (52) in der Zuflussleitung (10) und in der Steuereinheit (14B, 14B) ein Durchflussregler (50) vorgesehen sind, die konfiguriert sind, den Zufluss der kryogenen Flüssigkeit durch ein Zufluss-Stellventil (54) in der Zuflussleitung (10) zu regeln.
6. Tankanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Pumpe (58) mit der Zuflussleitung (10) verbunden ist, wobei die Pumpe (58) von dem Durchflussregler (50) gesteuert wird.
7. Tankanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Durchfluss-Messeinrichtung (44) in der Abflussleitung (12) und in der Steuereinheit (14B, 14B) ein Durchflussregler (42) vorgesehen sind, die konfiguriert sind, den Abfluss der kryogenen Flüssigkeit durch ein Abfluss-Stellventil (45) in der Abflussleitung (12) zu regeln.
8. Verfahren zur Füllstandregelung von kryogenen Medien in einem Tank umfassend:

Messen eines Differenzdrucks durch eine Differenzdruck-Messeinrichtung (16), die über eine Anschlussleitung (26) mit dem unteren Tankbereich (28) verbunden ist und zudem über eine weitere Anschlussleitung (20) mit dem oberen Tankbereich (22) verbunden ist,  
 Messen eines Absolutdrucks durch eine Absolutdruck-Messeinrichtung (18) und/oder einen Temperatursensor (56) im oberen Tankbereich (22) im gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums, sowie Steuern des Drucks in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank (6) durch ein Gasdruck-Stellventil (34), wobei  
 der Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums durch das Gasdruck-Stellventil (34) in einer Zweigleitung (36) zwischen einer Zuflussleitung (10) und dem oberen Tankbereich (22) geregelt wird, wobei das Gasdruck-Stellventil einem Verdampfer in der Zweigleitung nachgeschaltet ist, und ferner das Ansteuern des Gasdruck-Stellventils (34) durch einen mit der Differenzdruck-Messeinrichtung (16) verbundenen Bodendruckregler (32) erfolgt, wobei der Bodendruckregler (32) den Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank (6) abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Me-

dioms auf einen konstanten Bodendruck regelt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Bodendruckregler (32) ein Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank (6) abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums gespeichert wird. 5
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Speicher (30) in dem Bodendruckregler (32) der Soll-Druck in dem gasförmigen Anteil des kryogenen Mediums in dem Tank (6) abhängig von dem Füllstand des flüssigen Anteils des kryogenen Mediums als Funktion oder Tabelle gespeichert wird. 10 15
11. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank (6) unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Bodendruckregler (32) und einem Zuflussregler (54) geregelt wird. 20
12. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zufluss der kryogenen Flüssigkeit zu dem Tank (6) unter Berücksichtigung eines Stellsignals von dem Bodendruckregler (32) und einer Zuflusspumpe (56) geregelt wird. 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abfluss der kryogenen Flüssigkeit aus dem Tank (6) unter Berücksichtigung eines Stellsignals des Bodendruckreglers (32) und eines Abflussreglers (42) geregelt wird. 30 35

#### Claims

1. Tank arrangement for controlling the filling level of cryogenic media, comprising: 40
- a tank (6) having an inflow line (10) and an outflow line (12),
  - a differential pressure measuring device (16), which is connected, via a fluid conduit (26), to a lower tank area (28) containing the liquid portion of the medium, and which is furthermore connected, via an additional fluid conduit (20), to an upper tank area (22) containing the gaseous portion of the medium, 45
  - an absolute pressure measuring device (18) and/or a temperature sensor (18) used for measuring the pressure and/or temperature in the upper tank area (22),
  - an evaporator (38) arranged in a branch conduit (36) between the inflow line (10) and the upper tank area (22), a control unit (14A, 14B) controlling a gas pressure regulator valve (34) suitable 50

for pressure control and connected downstream of the evaporator (38) in the branch conduit (36) for controlling the pressure in the upper tank area (22), and comprising a bottom pressure regulator (32) which is connected to the differential pressure measuring device (16) and to the absolute pressure measuring device (18) and/or a temperature sensor (18) and which is used for actuating the gas pressure regulator valve (34), wherein said bottom pressure regulator (32) is configured to regulate the pressure in the gaseous portion of the medium in the tank (6) to a constant bottom pressure as a function of the filling level of the liquid portion of the medium.

2. Tank arrangement according to claim 1, **characterized in that** a memory (30) is provided in the control unit (14B, 14B), said memory (30) storing a target pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium in the tank (6) as a function of the filling level of the liquid portion of the cryogenic medium.
3. Tank arrangement according to claim 2, **characterized in that** the memory (30) provided in the control unit (14B, 14B) stores the target pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium in the tank as a function of the filling level of the liquid portion of the cryogenic medium, in the form of a function or a table.
4. Tank arrangement according to any one of claims 2 and 3 above, **characterized in that** a temperature sensor (46) in the branch conduit (36) in the region of the gas pressure regulator valve (34) is used to control the flow rate in such a way to enable an evaporator (38) arranged in the branch conduit (36) to evaporate the quantity of gas transmitted by the gas pressure regulator valve (34).
5. Tank arrangement according to any one of claims 1 to 4 above, **characterized in that** a flow measuring device (52) is provided in the inflow line (10), and a flow regulator (50) is provided in the control unit (14B, 14B), which components are configured to regulate the inflow of the cryogenic liquid through an inflow control valve (54) arranged in the inflow line (10). 40 45
6. Tank arrangement according to any one of claims 1 to 4 above, **characterized in that** a pump (58) is connected to the inflow line (10), which pump (58) is controlled by the flow regulator (50). 50
7. Tank arrangement according to any one of claims 1 to 3 above, **characterized in that** a flow measuring device (44) is provided in the outflow line (12), and a flow regulator (42) is provided in the control unit (14B, 14B), which components are configured to regulate the outflow of the cryogenic liquid through an 55

outflow control valve (45) arranged in the outflow line (12).

8. Method for controlling the filling level of cryogenic media contained in a tank, comprising the following steps:

measuring a differential pressure by means of a differential pressure measuring device (16), which is connected to the lower tank area (28) via a connection line (26) and which is furthermore connected to the upper tank area (22) via an additional connection line (20),

measuring an absolute pressure prevailing in the gaseous portion of the cryogenic medium by means of an absolute pressure measuring device (18) and/or a temperature sensor (56) in the upper tank area (22), and controlling the pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium contained in the tank (6) by means of a gas pressure regulator valve (34), wherein the pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium is regulated by means of the gas pressure regulator valve (34) in a branch conduit (36) between an inflow line (10) and the upper tank area (22), said gas pressure regulator valve being connected downstream of an evaporator arranged in the branch conduit, and furthermore actuation of the gas pressure regulator valve (34) is performed by a bottom pressure regulator (32) connected to the differential pressure measuring device (16), which bottom pressure regulator (32) regulates the pressure prevailing in the gaseous portion of the cryogenic medium contained in the tank (6) to a constant bottom pressure as a function of the filling level of the liquid portion of the cryogenic medium.

9. Method according to claim 8, **characterized in that** the bottom pressure regulator (32) stores a target pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium contained in the tank (6) as a function of the filling level of the liquid portion of the cryogenic medium.

10. Method according to any one of claims 8 and 9 above, **characterized in that** the memory (30) in the bottom pressure regulator (32) stores the target pressure in the gaseous portion of the cryogenic medium in the tank (6) as a function of the filling level of the liquid portion of the cryogenic medium, in the form of a function or a table.

11. Method according to any one of claims 8 to 10 above, **characterized in that** an inflow of the cryogenic liquid to the tank (6) is regulated taking into account an actuating signal from the bottom pressure regulator (32) and from an inflow regulator (54).

12. Method according to any one of claims 8 to 10 above, **characterized in that** an inflow of the cryogenic liquid to the tank (6) is regulated taking into account an actuating signal from the bottom pressure regulator (32) and from an inflow pump (56).

13. Method according to any one of claims 8 to 10 above, **characterized in that** an outflow of the cryogenic liquid from the tank (6) is controlled taking into account an actuating signal from the bottom pressure regulator (32) and from an outflow regulator (42).

## Revendications

1. Ensemble de réservoir pour la régulation de niveau de remplissage de milieux cryogènes comprenant :

un réservoir (6) avec une conduite d'arrivée (10) et une conduite d'évacuation (12),  
un dispositif de mesure de pression différentielle (16), qui est relié par l'intermédiaire d'une conduite de fluide (26) à une zone de réservoir inférieure (28), dans laquelle la part liquide du milieu est présente, et en outre est relié par l'intermédiaire d'une autre conduite de fluide (20) à une zone de réservoir supérieure (22), dans laquelle la part gazeuse du milieu est présente,  
un dispositif de mesure de pression absolue (18) et/ou un capteur de température (18) pour la mesure de la pression et/ou de la température dans la zone de réservoir supérieure (22), un évaporateur (38) dans une conduite de dérivation (36) entre la conduite d'arrivée (10) et la zone de réservoir supérieure (22), une unité de commande (14A, 14B), qui régule une soupape de réglage de pression de gaz (34) adaptée pour la régulation de pression, montée en aval de l'évaporateur (38) dans la conduite de dérivation (36) pour la commande de la pression dans la zone de réservoir supérieure (22), et comprend un régulateur de pression au sol (32) relié au dispositif de mesure de pression différentielle (16) ainsi qu'au dispositif de mesure de pression absolue (18) et/ou un capteur de température (18) pour la commande de la soupape de réglage de pression de gaz (34),  
dans lequel le régulateur de pression au sol (32) est configuré pour réguler la pression dans la part gazeuse du milieu dans le réservoir (6) en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu à une pression au sol constante.

2. Ensemble de réservoir selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une mémoire (30), dans laquelle une pression de consigne dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir (6) en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu

- cryogène est mise en mémoire, est prévue dans l'unité de commande (14B, 14B).
3. Ensemble de réservoir selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la pression de consigne dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu cryogène est mise en mémoire sous la forme d'une fonction ou d'un tableau dans la mémoire (30) dans l'unité de commande (14B, 14B).
  4. Ensemble de réservoir selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce qu'**un capteur de température (46) dans la conduite de dérivation (36) dans la zone de la soupape de réglage de pression de gaz (34) est utilisé pour la régulation de la vitesse de débit, de telle sorte qu'un évaporateur (38) disposé dans la conduite de dérivation (36) est en mesure de faire s'évaporer la quantité de gaz transmise par la soupape de réglage de pression de gaz (34).
  5. Ensemble de réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de mesure de débit (52) dans la conduite d'arrivée (10) et un régulateur de débit (50) dans l'unité de commande (14B, 14B) sont prévus, qui sont configurés pour réguler l'arrivée du liquide cryogène par une soupape de réglage d'arrivée (54) dans la conduite d'arrivée (10).
  6. Ensemble de réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**une pompe (58) est reliée à la conduite d'arrivée (10), dans lequel la pompe (58) est commandée par le régulateur de débit (50).
  7. Ensemble de réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de mesure de débit (44) dans la conduite d'évacuation (12) et un régulateur de débit (42) dans l'unité de commande (14B, 14B) sont prévus, qui sont configurés pour réguler l'évacuation du liquide cryogène par une soupape de réglage d'évacuation (45) dans la conduite d'évacuation (12).
  8. Procédé pour la régulation de niveau de remplissage de milieux cryogènes dans un réservoir comprenant :
    - la mesure d'une pression différentielle par un dispositif de mesure de pression différentielle (16), qui est relié à la zone de réservoir inférieure (28) par l'intermédiaire d'une conduite de raccordement (26) et en outre à la zone de réservoir supérieure (22) par l'intermédiaire d'une autre conduite de raccordement (20),
    - la mesure d'une pression absolue par un dispositif de mesure de pression absolue (18) et/ou
- un capteur de température (56) dans la zone de réservoir supérieure (22) dans la part gazeuse du milieu cryogène, ainsi que la commande de la pression dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir (6) par une soupape de réglage de pression de gaz (34), dans lequel la pression dans la part gazeuse du milieu cryogène est régulée par la soupape de réglage de pression de gaz (34) dans une conduite de dérivation (36) entre une conduite d'arrivée (10) et la zone de réservoir supérieure (22), dans lequel la soupape de réglage de pression de gaz est montée en aval d'un évaporateur dans la conduite de dérivation, et en outre la commande de la soupape de réglage de pression de gaz (34) est effectuée par un régulateur de pression au sol (32) relié au dispositif de mesure de pression différentielle (16), dans lequel le régulateur de pression au sol (32) régule la pression dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir (6) en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu cryogène à une pression au sol constante.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'**une pression de consigne dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir (6) en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu cryogène est mise en mémoire dans le régulateur de pression au sol (32).
  10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la pression de consigne dans la part gazeuse du milieu cryogène dans le réservoir (6) en fonction du niveau de remplissage de la part liquide du milieu cryogène est mise en mémoire sous la forme d'une fonction ou d'un tableau dans la mémoire (30) dans le régulateur de pression au sol (32).
  11. Procédé selon la revendication 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**une arrivée du liquide cryogène vers le réservoir (6) est régulée avec prise en compte d'un signal de réglage par le régulateur de pression au sol (32) et un régulateur d'arrivée (54).
  12. Procédé selon la revendication 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**une arrivée du liquide cryogène vers le réservoir (6) est régulée avec prise en compte d'un signal de réglage par le régulateur de pression au sol (32) et une pompe d'arrivée (56).
  13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**une évacuation du liquide cryogène du réservoir (6) est régulée avec prise en compte d'un signal de réglage du régulateur de pression au sol (32) et d'un régulateur d'évacuation (42).

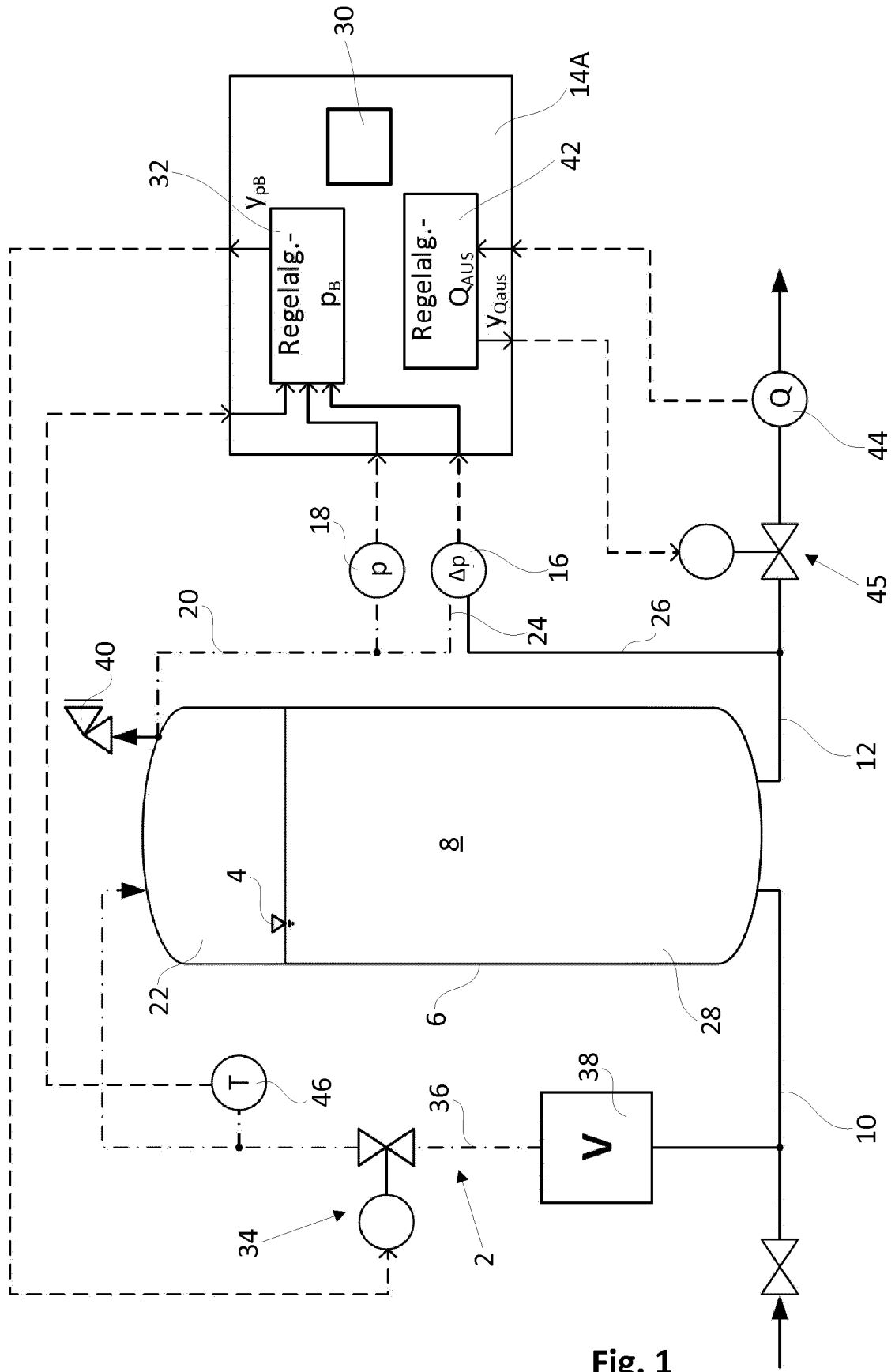


Fig. 1

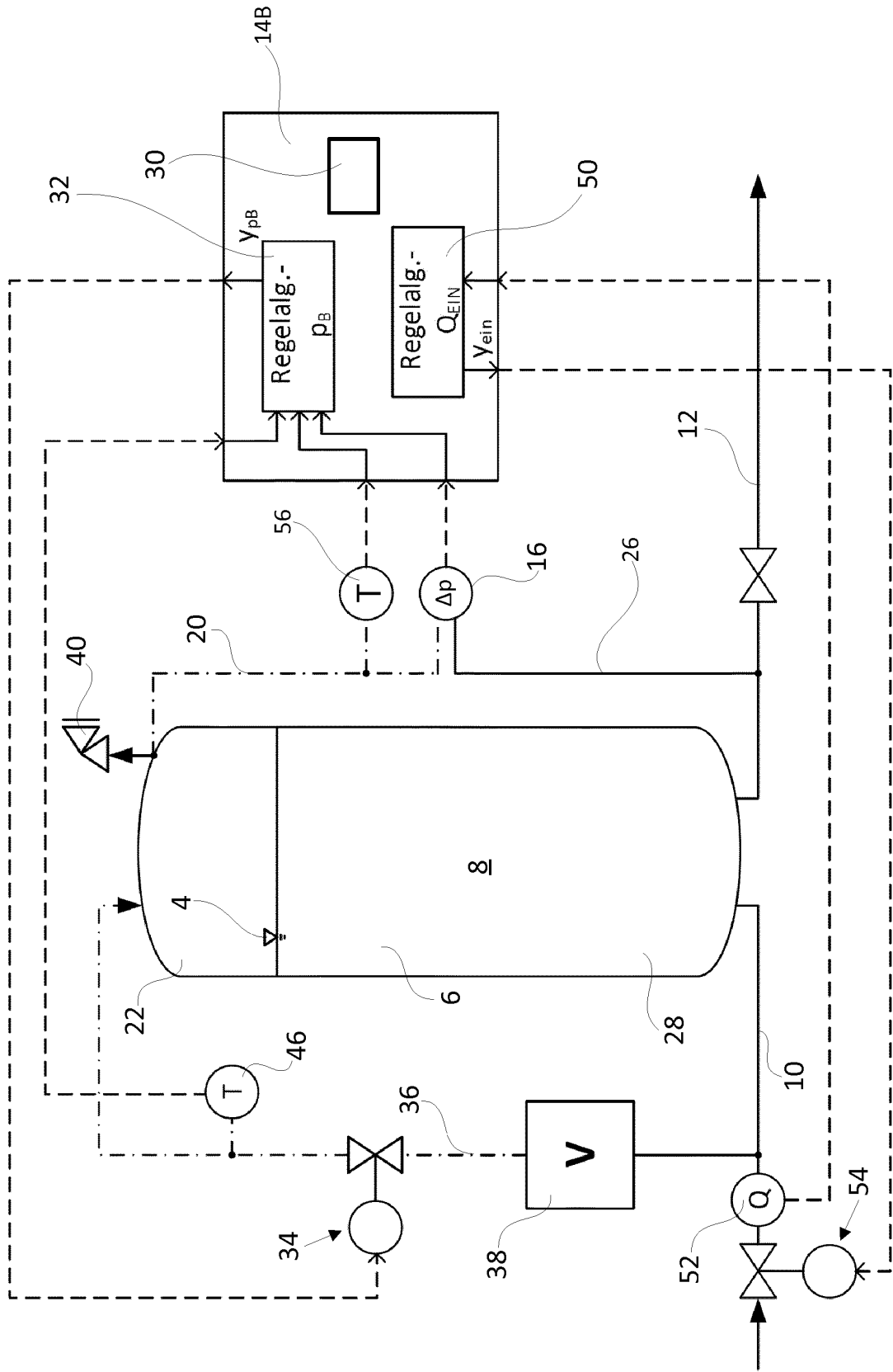


Fig. 2

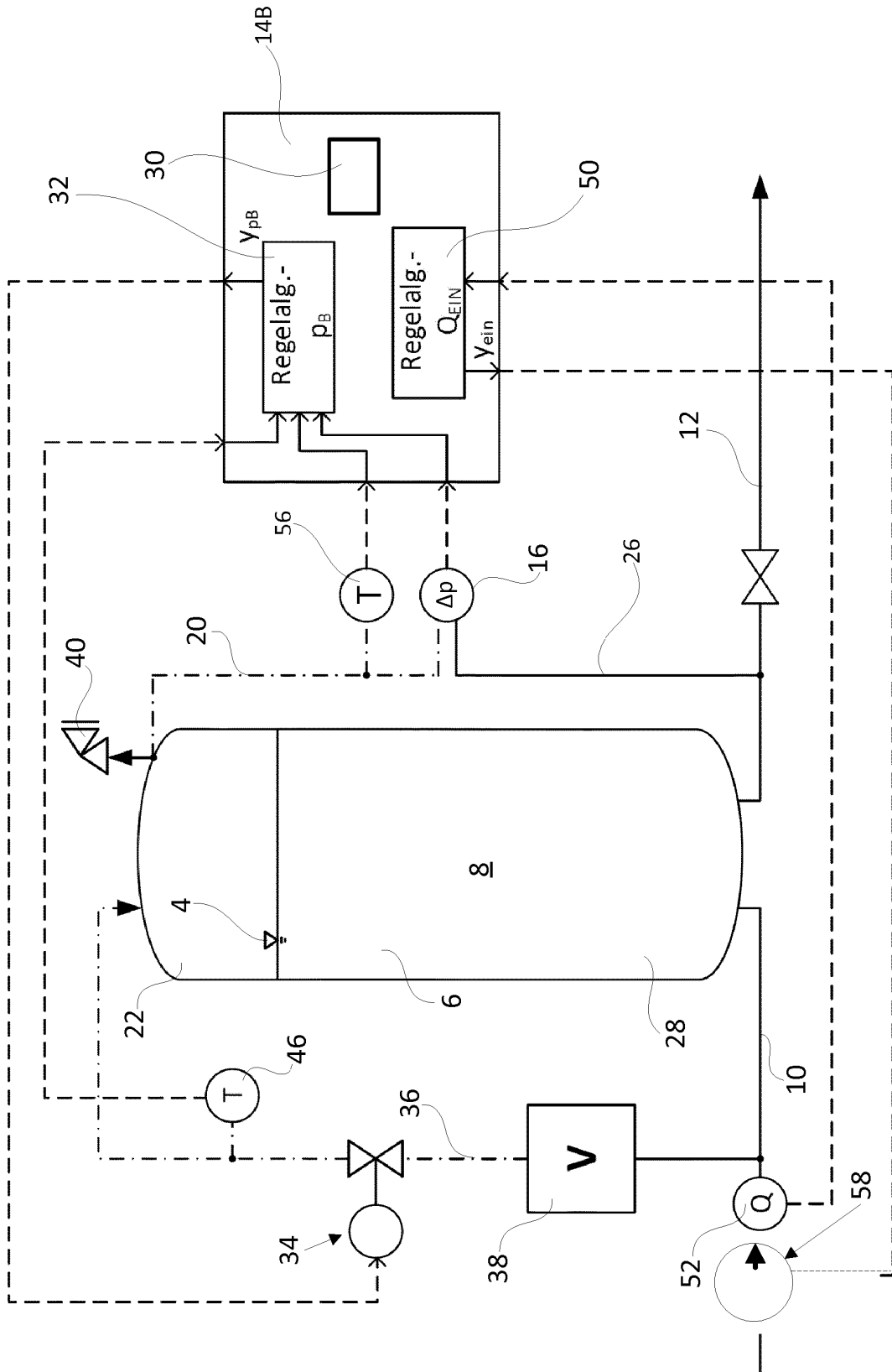


Fig. 3

**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**

- DE 202014102808 U [0002]
- DE 102004043488 A1 [0003]
- WO 2004005791 A1 [0004]
- EP 2770677 A2 [0004]