(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 918 894 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(51) Int Cl.:
F17D 3/18 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **15158500.7**

(22) Anmeldetag: **10.03.2015**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Sicherheitsabsperrung von Flüssiggasanlagen**

DEVICE AND METHOD FOR SAFETY SHUT-OFF OF LIQUEFIED GAS INSTALLATIONS

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE BLOCAGE DE SÉCURITÉ D'INSTALLATIONS À GAZ LIQUÉFIÉ

(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: **11.03.2014 DE 102014103238**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.09.2015 Patentblatt 2015/38

(73) Patentinhaber: **Nowtronic GmbH**
80331 München (DE)

(72) Erfinder: **Frare, Ralf**
83560 Vinon sur Verdon (FR)

(74) Vertreter: **Wittmann, Ernst-Ulrich et al**
Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB
Patent- und Rechtsanwälte
Steinerstrasse 15/A
81369 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 184 836
DE-A1- 19 652 372
DE-A1- 19 942 185
DE-B3-102008 039 563
DE-C1- 19 542 890
DE-C2- 3 810 998
US-A- 5 621 164

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).

EP 2 918 894 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Sicherheitsabsperrung von Flüssiggasanlagen zurVerhinderung ungewollter Freisetzung von Gas, insbesondere auf Fahrzeugen, beispielsweise auf Booten. Undichte Leitungssysteme von Flüssiggasanlagen oder schadhafte Gasgeräte stellen ein erhebliches Gefährdungspotential dar. Speziell an Bord von Schiffen sammeln sich austretende Propan- oder Butangase am tiefsten Punkt eines Bootskörpers. So können auch schon kleine Leckmengen im Inneren des Bootskörpers zu zündfähigen Gaskonzentrationen führen.

[0002] Sicherheitsabsperrungen von Flüssiggasanlagen sind im Stand derTechnik bekannt. So wird im DVGW-Arbeitsblatt G 608, Abschnitt 5.4, eine Methode zur Dichtheitsprüfung beschrieben, bei der die Leitungssysteme zunächst mit einem Druck von 150 mbar mit Luft beaufschlagt werden. Nach einer Wartezeit von 5 min zur Einstellung des thermischen Gleichgewichts wird der Druck abgelesen, während weiterer 5 min darf der gemessene Druck max. um 5 mbar abfallen. Dabei wird die Leckrate q_L (in cm^3/h), gemäß DIN EN 13611:2011-12 Anhang D, aus dem Druckabfall mittels folgender Gleichung berechnet:

$$q_L = \quad 11{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot \text{GesamtVolumen} \, (P_{\text{MessBeginn}} - P_{\text{MessEnde}}) \qquad \text{(Gl. 1)}$$

[0003] Diese Leckagetest-Prüfung ist allerdings während des normalen Betriebs der Flüssiggasanlage nicht praktikabel, weil zum einen ein Druck erzeugt werden muss, der über dem Systemdruck liegt und daher zusätzlichem Aufwand erfordert, und zum andern während der Messung ein thermisches Gleichgewicht in den Leitungen herrschen muss.

[0004] Im Stand der Technik gibt es ferner Lösungen zur Leckagetest-Prüfung, die Gasblasen sichtbar machen, wenn sich in den Leitungen Lecks bilden. Diese Schaugläser müssen aber aufgrund ihrer physikalischen Wirkungsweise (Strömungswächter) am Einspeisepunkt der Gasanlage montiert werden. Sie befinden sich also beim Betrieb der Gasanlage üblicherweise außerhalb der Sichtweite des Nutzers. Diese sogenannten Leckagetestgeräte kann man nicht im regulären Betrieb einsetzen. Der Benutzer muss an der Prüfeinrichtung auf "Prüfmodus" umschalten und dann die eventuelle Blasenbildung im Schauglas beobachten. Selbsttätig überwachen diese Geräte die Dichtheit der Gasanlage und der angeschlossenen Baugruppen nicht.

[0005] Weiterhin im Stand der Technik bekannt sind sogenannte Gasfernschalter, welche es dem Benutzer erlauben, die Gasversorgung durch ein elektrisches Ventil an der Gasflasche von den Verbrauchern zu trennen. Hier ist aber keine Überwachungsfunktion beinhaltet. Der Sicherheitsgewinn basiert darauf, die Anlage bei Nichtgebrauch druckfrei zu halten. Ein Prüffunktion auf Leckfreiheit ist bei diesen Geräten nicht gegeben.

[0006] Fernersind im Stand der Technik Schlauchbruchsicherungen bekannt. Diese lösen bei einem schlagartigen und vollständigen Abreißen der Leitung aus, d.h. wenn der Gasverbrauch der Anlage einen spezifizierten Maximalwert überschreitet. Dieserwird üblicherweise bei kleinen Installationen auf ca. 1,5 kg Flüssiggas pro Stunde festgelegt. Bei allmählichen Beschädigungen oder kleinen Undichtigkeiten löst eine Schlauchbruchsicherung nicht aus; ein Gasaustritt wird damit also nicht verhindert. Insbesondere in schlecht belüfteten Umgebungen, zum Beispiel in Booten, kann esjedoch auch bei kleinen Undichtigkeiten zu einer Gasansammlung kommen, die eine kritische Größe erreicht.

[0007] Außerdem sind im Stand der Technik Leckgas-Sicherungsventile bekannt. Sie setzen jedoch eine Installation mit doppelwandigen Leitungen voraus. Eine derartige Installation ist aufwändig und bei handelsüblichen Anlagen nicht gegeben. Bei einem Leck im äußeren Mantel der Leitung erkennen Leckgas-Sicherungsventile den Druckverlust zwischen innerem und äußerem Mantel und unterbrechen automatisch die Gaszufuhr. Ein Leck, das an nicht doppelwandig ausgeführten Anlagenteilen auftritt, zum Beispiel am Verbraucher oder an den Ventilen, wird nicht erkannt. Die Druckschrift DE19942185 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung , mit dem versorgungsseitig Leckage- oder Nutzvolumen- oder massenströme in technischen Anlagen ohne Kenntnis des angeschlossenen Systemvolumens ermittelt werden und als Messwert zur Verfügung gestellt werden können. Dazu wird mittels einer zusätzlichen in der Messanordnung befindlichen Referenzleckage ein bekannter Referenzleckagestrom erzeugt, der dann durch Verrechnung mit den zugehörigen Druckabfallzeiten im System zum tatsächlichen Leckagevolumenstrom führt.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik wenigstens teilweise zu überwinden bzw. zu verbessern.

[0009] Die vorstehende Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden gemäß Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 10 gelöst. Besonders bevorzugte Ausführungsformen sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden, insbesondere Gas von Flüssiggasanlagen, weist eine Zuleitung, mindestens eine Entlüftungs-Ableitung und eine Versorgungs-Ableitung auf. Dabei ist in der Zuleitung ein erstes Ventil mit einem Pilotleck, in der Entlüftungs-Ableitung zur Umgebung ein zweites Ventil, mit einem in Reihe angeordnetem Begrenzer, und im Bereich des ersten

Ventils ein Messgerät zur Bestimmung einer Druckdifferenz, angeordnet. Das Verfahren weist, unter Verwendung des gekennzeichneten Aufbaus, folgende Schritte auf:

(a) Der Differenzdruck des Fluids wird mit dem Messgerät zwischen einem ersten Druck (P1) in der Zuleitung und einem zweiten Druck (P2) in derVersorgungs-Ableitung, bzw. in der Entlüftungs-Ableitung vor dem zweiten Ventil bestimmt.

(b) Anschließend wird ein maximaler Volumenstroms des Pilotlecks, als Leckrate des ersten Ventils, berechnet.

(c) Dann wird kontinuierlich der Differenzdruck zwischen dem ersten Druck (P1) in der Zuleitung und dem zweiten Druck (P2) in derVersorgungs-Ableitung bestimmt und daraus dertatsächliche Volumenstrom berechnet.

[0011] Erfindungsgemäß weist dann ein tatsächlicherVolumenstrom, dessen Wert etwa dem maximalen Volumenstrom nach Schritt (b) entspricht, auf ein nicht mehr zulässiges Leck in der Versorgungs-Ableitung hin. Weiterhin weist ein tatsächlicher Volumenstrom, dessen Wert kleiner als 100% und größer als 0% des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) ist, auf im Wesentlichen kein Leck in derVersorgungs-Ableitung hin.

[0012] Eine erfindungsgemäße Anlage zum Transport von Fluiden, insbesondere eine Flüssiggasanlage, weist einen Tank auf. Dieser besteht in der Regel aus einer oder mehreren Gasflaschen, die Propangas, Butangas oder ein anderes Flüssiggas enthalten und die unter Druck stehen, z.B. zwischen 2 bis 8 bar Überdruck. Dieses Fluid, insbesondere das Flüssiggas, ist über ein Absperr-ventil und einen Druckminderer an ein Leitungssystem angeschlossen. Der Druckminderer reduziert den hohen Gasdruck vom Tank auf einen ersten Druck P1 von 30 mbar, bzw. auf 50 mbar bei Altanlagen, der an das Leitungssystem angelegt wird. Das Leitungssystem führt zu einem Verbraucher, z.B. zu einem Kocher oder einer Heizung. Vor dem Verbraucher ist ein Absperr-Ventil (AV) angeordnet, mit dem die Gaszufuhrzum Verbraucher bei Bedarf zu- und abgeschaltet werden kann. Das Leitungssystem weist ein gewisses Volumen auf, und es kann - je nach Art des Fahrzeugs, in dem es installiert ist - eine Länge etwa von etwa 2 m bis 10 m aufweisen.

[0013] Das Leitungssystem kann eine oder mehrere Undichtigkeiten aufweisen. Eine Undichtigkeit im Sinne dieser Erfindung kann dabei beispielsweise durch eine lockere Schlauchklemme oder durch eine Beschädigung im Leitungssystem, etwa durch einen spitzen Gegenstand, verursacht sein. Eine derartige Undichtigkeit kann aber auch ein großes Leck sein, das z.B. durch Abreißen eines Schlauches verursacht wurde. Derartige Undichtigkeiten, die zu einem tatsächlichen Volumenstrom des Pilotlecks führen, dessen Wert etwa dem maximalen Volumenstrom nach Schritt (b) entspricht, werden als nicht mehrzulässiges Leck angesehen. Sehr kleine Undichtigkeiten jedoch, insbesondere wenn sie zusammengenommen im gesamten Leitungssystem einen Volumenstrom aufweisen, der kleiner als 100% und größer als 0% des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) ist, werden als zulässiges Leck oder als kein Leck angesehen.

[0014] Zwischen dem Druckminderer und dem Leitungssystem ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) angeschlossen, mit der die Überwachung der Flüssiggasanlage auf Lecks durchgeführt wird. Die VSE weist also eine Zuleitung auf, die an den vom Tank her kommenden Druckminderer angeschlossen ist; diese steht unter einem ersten Druck P1. Fernerweist die VSE eine Versorgungs-Ableitung auf, die zum Leitungssystem - und schließlich zum Verbraucher - führt. Die Versorgungs-Ableitung und das Leitungssystem weisen einen Druck P2 auf. Zwischen derZuleitung und derVersorgungs-Ableitung ist in derVSE ein erstes Ventil, das Freigabeventil FV, angeordnet. Parallel zu diesem ersten Ventil ist ein Begrenzer, der Pilotleck genannt wird, angeordnet. Weiterhin parallel zum ersten Ventil ist ein Messgerät, bevorzugt ein Differenzdruck-Messgerät, angeordnet, das den Differenzdruck zwischen dem Druck P1 vom Druckminderer und dem Druck P2 derVersorgungs-Ableitung und des Leitungssystems misst.

[0015] Weiterhin weist die VSE eine Entlüftungs-Ableitung auf, die zur Umgebung führt. Die Umgebung weist einen Umgebungsdruck P0 auf. Zwischen der Entlüftungs-Ableitung und der Versorgungs-Ableitung ist in derVSE ein zweites Ventil, das Entlüftungsventil EV, angeordnet. In Reihe zum zweiten Ventil ist ein Begrenzer angeordnet.

[0016] In einem Schritt (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Differenzdruck P_{diff} des Fluids zwischen dem ersten Druck P1 in der Zuleitung und dem zweiten Druck P2 in der Versorgungs-Ableitung bestimmt. In einer erfindungsgemäßen Anordnung liegt der Druck P2 auch vordem zweiten Ventil an, das zur Entlüftungs-Ableitung führt. Der Differenzdruck P_{diff} kann zwei Extrema annehmen: Wenn das erste Ventil (FV) geöffnet ist und das zweite Ventil (EV) und das Absperr-Ventil (AV) geschlossen sind, dann ist (im stationären Zustand, d.h. nach Abklingen der Effekte des Gas-Einleitens) P2 = P1, und der Differenzdruck ist $P_{diff} \approx 0$. Das andere Extrem ist, wenn das erste Ventil (FV) geschlossen und das zweite Ventil (EV) geöffnet ist; dies geschieht beim sog. Entlüften des Leitungssystems. Hierbei ist P2 = P0, und der Differenzdruck ist somit P_{diff} = P1 - P0. Dies ist der maximale Differenzdruck $P_{diff\,max}$ am Differenzdruck-Messgerät. Diese Messungen können auch zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der beiden Ventile (FV, EV) und des Messgeräts verwendet werden. Zu einer Funktionskontrolle des Gesamtsystems - und insbesondere der Messeinrichtungen - kann das Leitungssystem auch während des Normalbetriebs teilweise entlüftet werden; dann muss eine Änderung des Differenzdrucks P_{diff} festzustellen sein.

[0017] In einem Schritt (b) wird der maximale Volumenstrom des Pilotlecks berechnet. Dafürwird zunächst das Leitungssystem entlüftet. Wenn anschließend das zweite Ventil (EV) geschlossen wird, dann fließt das Gas nur über das Pilotleck in das Leitungssystem; der Druck P2 steigt also langsam an, bis er P1 erreicht hat. Damit kann der maximale Volumenstroms c1 des Pilotlecks, zu Beginn des Druckanstiegs nach der Entlüftung, wenn P2 = P0 ist, wie folgt berechnet werden:

$$c1 = \text{GesamtVolumen} \cdot \frac{d\,P2}{d\,t} \cdot \frac{1}{(P1 - P2)} \qquad \text{(Gl. 2)}$$

[0018] Während des normalen Betriebs der Flüssiggasanlage kann in einem Schritt (c) kontinuierlich der Differenzdruck P_{diff} zwischen dem ersten Druck P1 in der Zuleitung und dem zweiten Druck P2 in derVersorgungs-Ableitung, bzw. in der Entlüftungs-Ableitung vor dem zweiten Ventil, bestimmt und daraus dertatsächliche Volumenstrom berechnet werden. Wenn das erste (FV) und das zweite Ventil (EV) geschlossen sind, und wenn ein tatsächlicherVolumenstrom gemessen wird, dessen Wert etwa dem Wert des maximalen Volumenstroms c1 des Pilotlecks entspricht, dann kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren gefolgert werden, dass sich in derVersorgungs-Ableitung bzw. in dem daran angeschlossenen Leitungssystem ein nicht mehr zulässiges Leck befindet. Wird in einem erfindungsgemäßen Verfahren ein sehr kleinertatsächlicherVolumenstrom gemessen, insbesondere ein Volumenstrom, dessen Wert kleiner als 100% und größer als 0% des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) ist, dann gibt das einen Hinweis auf im Wesentlichen kein Leck - d.h. ein sehr kleines oder gar kein Leck - in derVersorgungs-Ableitung bzw. in dem daran angeschlossenen Leitungssystem. Auf Basis dieser Informationen können sowohl Maßnahmen für eine Alarmierung als auch direkte steuernde Eingriffe vorgenommen werden.

[0019] Daher ergibt sich mit diesem Verfahren der erfindungsgemäße Vorteil, dass damit Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden, insbesondere von Gas in Flüssiggasanlagen, kontinuierlich überwacht werden können. Dies kann geschehen ohne besondere Prüfsequenzen, ohne weitere Maßnahmen am Leitungssystem - wie z.B. einer doppelwandigen Leitung - und ohne dass thermische Randbedingungen beachtet werden müssten. Ferner ist das genannte Verfahren so robust, dass es mit hoher Zuverlässigkeit auch in mobilen Umgebungen, z.B. in Landfahrzeugen oder in Booten, betrieben werden kann.

[0020] Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem besteht darin, dass ein tatsächlicher Volumenstrom, dessen Wert zwischen 100% und 10% des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) entspricht, auf ein Leck in derVersorgungs-Ableitung hinweist.

[0021] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist also nicht nur ein großes Leck oder gar kein Leck unterscheidbar, sondern es lässt sich, in messtechnisch bestimmten Grenzen,jede Leckrate als Schwellwert für ein zulässiges Leck angeben. Wenn das erste (FV) und das zweite Ventil (EV) und das Absperr-Ventil (AV) geschlossen sind und in derVersorgungs-Ableitung bzw. im Leitungssystem kein Leck ist, dann hängt in einem stationären Zustand der Wert des Differenzdrucks P_{diff} nur vom Verhältnis des maximalen Volumenstrom c1 des Pilotlecks zum maximalen Volumenstrom c2 des Begrenzers ab, der parallel zum zweiten Ventil angeordnet ist. Dabei wird angenommen, dass der Begrenzer, der in Reihe zum zweiten Ventil angeordnet ist, einen wesentlich höheren maximalen Volumenstrom aufweist als c2. Damit ergibt sich der Differenzdruck P_{diff}, im stationären Zustand und ohne ein Leck in der Versorgungs-Ableitung, zu

$$P_{diff} = P1 - P2 \approx (P1 - P0) \cdot \frac{c2}{c1 + c2} \qquad \text{(Gl. 3)}$$

[0022] Tritt ein Leck in derVersorgungs-Ableitung auf, dann stellt sich ein höherer Differenzdruck P_{diff} ein. Wird beispielsweise angenommen, dass c2 > c1 ist, d.h. dass in derVersorgungs-Ableitung ein Leck aufgetreten ist, dann ergibt sich ein Differenzdruck P_{diff} > (P1 - P0) · 1/2. Dieser Unterschied zu einem Differenzdruck ohne Leck ist mit hoher Robustheit detektierbar. Da der Volumenstrom c1 des Pilotlecks und c2 des Begrenzers des zweiten Ventil bekannt sind, kann in weiten Grenzen ein Schwellwert gewählt werden, ab dem ein Leck als nicht mehrzulässig angesehen wird. Dabei wird in der Regel ein Differenzdruck $P_{diff} > 0{,}5 \cdot P_{diff\,max}$ als höchster Schwellwert angenommen. Die Wahl des niedrigsten Schwellwerts hängt einerseits von Spezifika des konkreten Systems und ggf. von Kundenwünschen ab, andrerseits hängt sie vom Messbereich des Differenzdruck-Messgeräts ab. Dabei ist bei derzeit handelsüblichen Differenzdruck-Messgeräten ein Differenzdruck $P_{diff} > 0{,}1 \cdot P_{diff\,max}$ noch sicher detektierbar. Daraus ergibt sich, dass ein tatsächlicher Volumenstrom, dessen Wert zwischen kleiner 100% und größer 5%, bevorzugt zwischen kleiner 100% und größer 10%, des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) entspricht, auf ein Leck in der Größe des Pilotlecks in derVersorgungs-Ableitung hinweist und damit in diesem Bereich als Schwellwert für ein zulässiges Leck eingestellt werden kann. Auf dieser Basis können dann Maßnahmen für eine Alarmierung etc. vorgenommen werden. Hierbei wird deutlich, dass die vorliegende Erfindung durch den breiten Bereich, der sich für die Wahl des Schwellwerts für ein

zulässiges Leck ergibt, für eine Vielzahl von Leitungssystemen eingesetzt werden kann, um eine kontinuierliche Kontrolle dieser Leitungssysteme auf Lecks zu ermöglichen. Auch eine weitere Verbreiterung des Messbereichs durch Wahl eines empfindlicheren Differenzdruck-Messgeräts ist möglich und im Sinne dieser Erfindung.

[0023] Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit mindestens der Entlüftungs-Ableitung und dem zweiten Ventil (EV), zwischen derVersorgungs-Ableitung und der Umgebung, bestimmt - vor dem Bestimmen des Differenzdrucks gemäß Schritt (a) - ein Gesamtvolumen derVersorgungs-Ableitung, indem der Druck in derVersorgungs-Ableitung durch Öffnen des zweiten Ventils im Wesentlichen auf den Druck der Umgebung abgesenkt wird, und indem der Volumenstrom durch das zweite Ventil und einen Begrenzer beim Entlüften über den Zeitraum bis etwa der Druck der Umgebung erreicht ist, integriert, insbesondere numerisch summiert, wird.

[0024] Da der Volumenstrom des Pilotlecks bekannt ist, kann durch Integration der Volumina, die durch das Pilotleck strömen, das Gesamtvolumen derVersorgungs-Ableitung, bzw. des daran angeschlossenen Leitungssystems, gemäß folgender Gleichung bestimmt werden

$$\text{GesamtVolumen} = \int \frac{c1}{11{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot (P1 - P2)}\, dt \qquad \text{(Gl. 4)}$$

[0025] Es wird also nach dem Entlüften der Differenzdruck P_{diff} = P1- P2 beobachtet und über die Beobachtungszeit integriert, bis etwa der Druck der Umgebung erreicht ist. Weil die Beobachtungsintervalle in einem realen technischen System nicht beliebig kurz sein können, wird in der technischen Lösung der Differenzdruck nach jedem Beobachtungsintervall, bevorzugt einmal pro Sekunde, bestimmt und numerisch summiert. Da auch derSensorfürden Differenzdruck eine beschränkte Empfindlichkeit aufweist, hat es sich als sinnvoll erwiesen, die numerische Summation zu beenden, wenn ein Wert von 0,5 · (P1 - P0) erreicht wurde, und auf dieser Basis das Gesamtvolumen des Leitungssystems abzuschätzen.

[0026] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zur Bestimmung des tatsächlichen Volumenstroms des Fluids das erste Ventil (FV), zwischen der Zuleitung und der Versorgungs-Ableitung, geschlossen, und ein Pilotleck, zwischen der Zuleitung und dem Leitungssystem, geöffnet.

[0027] In dieserAusführungsform ist der maximale Volumenstrom c1 und auch der maximale Differenzdruck P_{diff} = P1 **-** P0 bekannt. Da derVolumenstroms des Fluids proportional ist zum Differenzdruck, kann aus dem Differenzdruck, der mit dem genannten Messgerät kontinuierlich erfasst wird, der tatsächliche Volumenstrom bestimmt werden, unter der Randbedingung, dass bei der Messung das erste Ventil (FV) geschlossen und ein Pilotleck geöffnet ist. Dies hat den Vorteil, dass das Pilotleck, zusammen mit dem Messgerät, auf einfache Weise zur kontinuierlichen Überwachung des Leitungssystems auf ein Leck eingesetzt werden kann. Daraus ergibt sich ein erheblicher Vorteil gegenüber sämtlichen Verfahren des Stands der Technik, weil diese Verfahren keine kontinuierliche Messung erlauben und/oder spezielle Eingriffe in das Leitungssystem für eine Messung erfordern.

[0028] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der maximale Volumenstrom des Pilotlecks nach dem Entlüften und dem Schließen des zweiten Ventils aus dem Druckanstieg nach, insbesondere unmittelbar nach, dem Schließen des zweiten Ventils bestimmt.

[0029] Wenn der maximale Volumenstrom c1 des Pilotlecks nicht bekannt ist oder, z.B. zur Überprüfung der Funktion des Gesamtsystems, aufs Neue bestimmt werden soll, dann eignet sich dafür der Zustand, in dem an den Enden des Pilotlecks der maximale Differenzdruck $P_{diff\,max}$ anliegt. Dieser ist, nach den obigen Überlegungen, $P_{diff\,max}$ = P1- P0. Dieser Zustand wird nach dem Entlüften erreicht, insbesondere in dem Moment, in dem das zweite Ventil (EV) geschlossen wird. Während des Entlüftens und auch während dieser Messung ist das erste Ventil (FV) geschlossen.

[0030] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der maximale Volumenstrom des Pilotlecks aus dem Strömungswiderstand des Pilotlecks berechnet, wobei der maximale Volumenstrom einen Wert bevorzugt zwischen 2 cm^3 / h und 50 cm^3 / h aufweist.

[0031] Wenn das erste und das zweite Ventil geschlossen sind und kein oder ein sehr kleines Leck in der Versorgungs-Ableitung angenommen wird, dann ergibt sich als stationärer Zustand, dass am Differenzdruck-Messgerät, das parallel zum ersten Ventil anliegt, sich ein Druck P_{diff} = (P1- P2) ergibt; an der Reihenschaltung des Leckverlust-Entlüftungsventils mit dem VolumenstromBegrenzer der Entlüftungsleitung ergibt sich ein Druck P2 - P0. Wird nun der Volumenstrom des Volumenstrom-Begrenzers der Entlüftungsleitung als wesentlich größer als der Volumenstrom des Leckverlust-Entlüftungsventils angenommen und letzterer als genauso groß wie der Volumenstrom des Pilotlecks, dann ergibt sich im genannten stationären Zustand ein Druck am Differenzdruck-Messgerät von P_{diff} = (P1 - P2) ≈ 0,5 · (P1- P0). Das bedeutet, dass diese Messung-d.h. wenn das erste und das zweite Ventil geschlossen sind - eine einfache und kontinuierliche Kontrolle darstellt, ob sich die Komponenten-Parameter signifikant geändert haben. Es kann also mit dieser Messung und im Vergleich zu den Werten der Erstinbetriebnahme, die mit den erfindungsgemäßen Schritten (a) und (b) ermittelt wurden, festgestellt werden, ob beispielsweise einer der Begrenzer verstopft ist, d.h. ob sich der maximale Volumenstrom der Begrenzer verändert hat, oder selbstverständlich auch, ob ein Leck in derVersorgungs-Ableitung

entstanden ist. Es sei noch hervorgehoben, dass die genannten Werte nur als Beispiel, zum besseren Verständnis, aufzufassen sind.

[0032] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfasst bzw. bestimmt ein Steuergerät den tatsächlichen Volumenstrom und schließt das erste Ventil (FV), insbesondere dann, wenn der Volumenstrom durch das Leck größer oder gleich dem Volumenstrom durch das Pilotleck ist.

[0033] Ein Steuergerät, das nach einem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet, kann also ein Leck, insbesondere ein unzulässiges Leck, detektieren. Dabei ist besonders vorteilhaft, dass diese Überwachung des Leitungssystems kontinuierlich erfolgt. Als unzulässiges Leck wird ein solches Leck in der Versorgungs-Ableitung bzw. im Leitungssystem angesehen, das einen Volumenstrom aufweist, der größer oder gleich dem Volumenstrom durch das Pilotleck ist. Sobald ein unzulässiges Leck detektiert wurde, schließt das Steuergerät das erste Ventil (FV), um eine weitere Gaszufuhr in das Leitungssystem zu unterbinden. Es ist im Sinne dervorliegenden Erfindung, wenn das Schließen des ersten Ventils mit einer deutlichen Meldung, beispielsweise mit einem akustischen und/oder optischen und/oder mechanischen Alarm, verbunden wird. Diese Meldung kann auch über einen verdrahteten oder drahtlosen Kommunikationskanat weitergegeben werden, beispielsweise zur Bord-Elektronik oder zu einer zentralen Überwachung.

[0034] Es ist zweckmäßig, das Bestimmen des Differenzdrucks zwischen dem Druck P1 in der Zuleitung und dem Druck P2 in der Versorgungs-Ableitung und das Berechnen des tatsächlichen Volumenstroms in regelmäßigen zeitlichen Abständen durchzuführen. Dabei ist ein Kompromiss zwischen einer schnellen Reaktionszeit und der Belastung einer Batterie anzustreben. In der Praxis hat sich ein zeitlicher Abstand von bevorzugt 0,5 bis 5 Sekunden, besonders bevorzugt von einer Sekunde, zwischen zwei Messungen als besonders geeignet herausgestellt.

[0035] In einerweiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Bestimmen des Differenzdrucks zwischen dem Druck P1 in der Zuleitung und dem Druck P2 in derVersorgungs-Ableitung und das Berechnen des tatsächlichen Volumenstroms auch dann durchgeführt, wenn das Absperr-Ventil geöffnet ist.

[0036] Das Absperr-Ventil (AV) ist immer dann geöffnet, wenn der Verbraucher angeschaltet ist. In dieser Situation ist auch das erste Ventil FV geöffnet. Damit ergibt sich aber ein deutlich anderer

[0037] Differenzdruck P_{diff} = P1- P2. Der Druckabfall findet dann nicht an dem - recht kleinen - Pilotleck statt, sondern am ersten Ventil, dessen maximalerVolumenstrom deutlich größer ist als der des Pilotlecks. Dennoch ist es sehr sinnvoll, auch in diesem Betriebsmodus den Differenzdruck zu überwachen: Zum einen ist dadurch ein Schlauchbruch sicher detektierbar, weil der maximale Volumenstrom des Absperr-Ventils zum Verbraucher deutlich geringer ist als ein Volumenstrom, der bei einem Schlauchbruch entsteht. Zum anderen können die Messwerte auch für die Verbrauchsmessung ausgewertet werden.

[0038] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird an der Zuleitung des Fluids ein Überdruck, bevorzugt ein Überdruck von weniger als 0,15 bar, besonders bevorzugt zwischen 30 und 50 mbar, jeweils bezogen auf den Druck P0 der Umgebung, angelegt.

[0039] Gemäß dem genannten DVGW-Arbeitsblatt G 608 beträgt der Betriebsdruck (Nennwert) für Flüssiggas in Freizeitwohnfahrzeugen 30 mbar; für Altanlagen, d.h. für Flüssiggasanlagen, die nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 608:1985-02 und früher installiert worden sind, 50 mbar. Für Gastronomie-Anlagen beträgt der Betriebsdruck 150 mbar. Geräte, die nach einerAusführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeführt sind, sind daher vorzugsweise für diese zwei Einsatzbereiche ausgelegt.

[0040] Die vorliegende Erfindung umfasst auch eine Vorrichtung zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden, welche eine Zuleitung, mindestens eine Entlüftungs-Ableitung und eine Versorgungs-Ableitung und ein Steuergerät aufweist. Dabei ist in der Zuleitung ein erstes Ventil mit einem Pilotteck, in der Entlüftungs-Ableitung zur Umgebung ein zweites Ventil, mit einem in Reihe angeordnetem Begrenzer, und im Bereich des ersten Ventils ein Messgerät zur Bestimmung einer Druckdifferenz, angeordnet, und das Steuergerät enthält mindestens Eingänge für die Werte vom Messgerät und Ausgänge zur Steuerung des ersten Ventils und des zweiten Ventils. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass in dem Steuergerät ein Verfahren implementiert ist, das folgende Schritte aufweist:

(a) Bestimmen des Differenzdrucks des Fluids mit dem Messgerät zwischen einem ersten Druck in der Zuleitung und einem zweiten Druck in derVersorgungs-Ableitung, bzw. in der Entlüftungs-Ableitung vor dem zweiten Ventil.

(b) Berechnen eines maximalen Volumenstroms des Pilotlecks, als Leckrate des ersten Ventils.

(c) Kontinuierliches Bestimmen des Differenzdrucks zwischen dem ersten Druck (P1) in der Zuleitung und dem zweiten Druck (P2) in der Versorgungs-Ableitung und berechnen des tatsächlichen Volumenstroms, dadurch gekennzeichnet, dass ein tatsächlicher Volumenstrom, dessen Wert etwa dem maximalen Volumenstrom nach Schritt (b) entspricht, auf ein nicht mehr zulässiges Leck in derVersorgungs-Ableitung hinweist, und ein tatsächlicherVolumenstrom, dessen Wert kleiner als 4 cm^3 / h ist, auf im Wesentlichen kein Leck in derVersorgungs-Ableitung hinweist.

[0041] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei vorzugsweise zwischen einem Druckminderer, von einem Tank her, und einer Versorgungs-Ableitung, die zu einem Leitungssystem führt, angeordnet. Ferner weist die Vorrichtung eine Entlüftungs-Ableitung, zur Entlüftung des Leitungssystems in die Umgebung, mit einem Umgebungsdruck P0, auf. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird im Weiteren als Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) benannt. Zwischen der Zuleitung, die vom Druckminderer kommt, und derVersorgungs-Ableitung ist in derVSE ein erstes Ventil, das Freigabeventil FV, angeordnet. Das Pilotleck kann als Durchflussbegrenzer (flow restrictor), insbesondere als kalibrierter Durchflussbegrenzer, ausgeführt sein. Parallel zu diesem ersten Ventil ist ein Begrenzer, der Pilotleck genannt wird, angeordnet. Weiterhin parallel zum ersten Ventil ist ein Messgerät, bevorzugt ein Differenzdruck-Messgerät, angeordnet, das den Differenzdruck zwischen dem Druck P1 vom Druckminderer und dem Druck P2 derVersorgungs-Ableitung und des Leitungssystems misst. Zwischen der Entlüftungs-Ableitung und derVersorgungs-Ableitung ist in derVSE ein zweites Ventil, das Entlüftungsventil EV, angeordnet. Parallel zum zweiten Ventil ist ein weiterer Begrenzer angeordnet. Ferner ist ein Begrenzer in Reihe zum zweiten Ventil angeordnet.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die VSE in einem Flaschenkasten untergebracht. Die VSE ist bevorzugt vollständig gekapselt und gasdicht vergossen. Ein Steuermodul ist üblicherweise an einer anderen Stelle installiert. Das Steuermodul enthält insbesondere eine Steuerlogik zur Ansteuerung der Ventile, eine Signalaufbereitung der Signale vom Messgerät zur Überwachung derVSE, und eine Stromversorgung für die VSE. Die Steuerlogik befindet sich beispielsweise bei Booten im Inneren des Bootskörpers.

[0043] In einem Schritt (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Differenzdruck P_{diff} des Fluids zwischen dem ersten Druck P1 in der Zuleitung und dem zweiten Druck P2 in der Versorgungs-Ableitung bestimmt. In einer erfindungsgemäßen Anordnung liegt der Druck P2 auch vordem zweiten Ventil an, das zur Entlüftungs-Ableitung führt. Der Differenzdruck P_{diff} kann zwei Extrema annehmen: Er ist maximal, wenn das Leitungssystem entlüftet wird; dabei gilt P_{diff} = P1 - P0. Der Differenzdruck ist minimal, $P_{diff} \approx 0$, wenn das erste Ventil (FV) geöffnet ist und das zweite Ventil (EV) und das Absperr-Ventil (AV) geschlossen sind. Diese Extrema können auch als Bezugspunkte für Messungen und zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der beiden Ventile (FV, EV) und des Messgeräts verwendet werden.

[0044] In dem Schritt (b) wird der maximale Volumenstrom des Pilotlecks berechnet. Dafür eignet sich besonders eine Messung, wenn der Differenzdruck P_{diff} maximal ist. Dieser maximale Volumenstrom des Pilotlecks wird als Leckrate des ersten Ventils bezeichnet.

[0045] Diese Schritte (a) und (b) können auch dann durchgeführt werden, wenn es sich bei dem Pilotleck um einen kalibrierten Begrenzer handelt. Es kann damit überprüft werden, ob die für die Messung relevanten Parameter der Anlage noch unverändert sind. In der Praxis werden Schritte (a) und (b) nur bei einer Erstinbetriebnahme, oder nachdem die Anlage geändert wurde, durchgeführt. Zur Kontrolle und zur Erhöhung der Mess-Sicherheit ist es auch möglich, diese Schritte in beliebigen zeitlichen Abständen durchzuführen. In Fällen, wenn kein Differenzdruck zu messen ist, dann kann zur internen Funktionskontrolle die Leitung teilweise entlüftet werden, um einen darauf folgenden Druckausgleich beobachten zu können.

[0046] In dem Schritt (c) wird kontinuierlich der Differenzdruck P_{diff} = P1- P2, zwischen dem ersten Druck P1 in derZuleitung und dem zweiten Druck P2 in derVersorgungs-Ableitung, bestimmt. Die Messwerte, die dabei bestimmt werden, können auf den maximalen Volumenstrom des Pilotlecks - von Schritt (b) - bezogen werden und daraus der tatsächliche Volumenstrom berechnet werden.

[0047] Auf Basis dieser Messungen kann die VSE feststellen, ob in der Versorgungs-Ableitung, bzw. dem dahinter angeordnetem Leitungssystem, ein Leck entstanden ist: Wenn der tatsächliche Volumenstrom einen Wert annimmt, der etwa dem maximalen Volumenstrom nach Schritt (b) entspricht, dann ist in derVersorgungs-Ableitung ein nicht mehr zulässiges Leck entstanden. Wenn der tatsächliche Volumenstrom sehr klein ist, d.h. einen Wert kleiner als 20%, bevorzugt kleiner als 10%, besonders bevorzugt kleiner als 5%, des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b), annimmt, dann gibt das einen Hinweis auf im Wesentlichen kein Leck - d.h. ein sehr kleines oder gar kein Leck - in derVersorgungs-Ableitung bzw. in dem daran angeschlossenen Leitungssystem. Auf Basis dieser Informationen können von derVSE sowohl Maßnahmen für eine Alarmierung als auch direkte steuernde Eingriffe vorgenommen werden.

[0048] Es sei noch darauf hingewiesen, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht nur ein großes Leck oder gar kein Leck unterscheidbar sind, sondern es lässt sich, in messtechnisch bestimmten Grenzen, jede beliebige Leckrate als Schwellwert für ein zulässiges Leck angeben. Wenn das erste (FV) und das zweite Ventil (EV) und das Absperr-Ventil (AV) geschlossen sind und in derVersorgungs-Ableitung bzw. im Leitungssystem kein Leck ist, dann hängt in einem stationären Zustand der Wert des Differenzdrucks P_{diff} nur vom Verhältnis des maximalen Volumenstrom c1 des Pilotlecks zum maximalen Volumenstrom c2 des Begrenzers ab, der parallel zum zweiten Ventil angeordnet ist. Wenn c1 und c2 etwa gleich sind, dann ergibt sich nach Gl. 3 ein Differenzdruck $P_{diff} \approx (P1 - P0) \cdot 1/2$. Ist der Differenzdruck höher, dann ist ein Leck aufgetreten. Da der Volumenstrom c1 des Pilotlecks und c2 des Begrenzers des zweiten Ventil bekannt sind, kann in weiten Grenzen ein Schwellwert gewählt werden, ab dem ein Leck als nicht mehr zulässig angesehen wird und Maßnahmen für eine Alarmierung etc. vorgenommen werden. Der obere Schwellwert wird aber de facto durch eine Vorgabe des Gesetzgebers bestimmt, gemäß dem oben genannten DVGW-Arbeitsblatt G 608, das einen Schwellwert für die Dichtheitsprüfung enthält. Nach Gl. 1 beträgt dieser Schwellwert z.B. für eine 2 Meter lange Gasleitung

mit 6 mm Innendurchmesser etwa 4 cm^3/h.

[0049] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung weist also nicht nur die erfindungsgemäßen Vorteile der kontinuierlichen Überwachung auf, wobei wederzusätzliche konstruktive Maßnahmen am Leitungssystem noch eine Berücksichtigung der thermischen Randbedingungen erforderlich sind, sondern weist auch eine robuste Messmethode, einschließlich wirkungsvoller Test- und Kontrollfunktionen, und eine sehr einfache Installierbarkeit auf.

[0050] Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform der Vorrichtung kann das erste Ventil und/oder das zweite Ventil elektromagnetisch oder pneumatisch geöffnet oder geschlossen, insbesondere zwangsgesteuert geschlossen, werden.

[0051] Die beschriebene Vorrichtung kann bevorzugt als eine Sicherheitseinrichtung für Flüssiggasanlagen eingesetzt werden. Damit ergeben sich hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und an die Sicherheit vor Manipulationen. Zu diesem Zweck kann das erste Ventil und/oder das zweite Ventil elektromagnetisch oder pneumatisch geöffnet oder geschlossen werden; dadurch ist es möglich, im Fehlerfall die Gaszufuhr automatisch zu unterbrechen. Weiterhin ist durch die Steuerschaltungen, insbesondere durch elektronische Steuerschaltungen, gewährleistet, dass die mit dieser Vorrichtung überwachte Flüssiggasanlage nicht vom Benutzer oder einer externen Person versehentlich oder absichtlich trotz eines Lecks oder einer Fehlfunktion benutzt werden kann. Um die Manipulationssicherheit weiter zu erhöhen, ist das Steuergerät in einer besonders bevorzugten Ausführungsform gekapselt, versiegelt oder, z.B. in ein Epoxidharz, eingegossen.

[0052] Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform der Vorrichtung weist die Stromversorgung des Steuergeräts eine Strombegrenzung, bevorzugt eine Strombegrenzung gegen kurzzeitiges Überschreiten eines Maximalstroms, besonders bevorzugt eine irreversible Strombegrenzung, auf. Mit dieser Maßnahme kann die Wahrscheinlichkeit für eine Fehlfunktion, Fehlbedienung oder eine fehlerhafte Montage oder Installation weiter reduziert werden.

[0053] Die genannte Vorrichtung ist dafür ausgelegt, in einer stationären und/oder mobilen Umgebung, vorzugsweise auf einem Landfahrzeug, einem Luftfahrzeug oder einem Wasserfahrzeug verwendet zu werden.

[0054] Nachfolgend wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsformen beschrieben, wobei darauf hingewiesen wird, dass die Erfindung sich nicht auf die hier dargestellte Ausführung beschränkt, sondern vielmehr auch entsprechende Abwandlungen auch im Sinne der vorliegenden Erfindung sind, sofern diese durch die Ansprüche abgedeckt sind.

[0055] Dabei zeigen:

Fig. 1: die schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Gesamtsystems;

Fig. 2: die schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Ventil- und Sensor-Einheit (VSE);

Fig. 3: den Verlauf des relativen Differenzdrucks in Abhängigkeit vom Leck-Volumenstrom;

Fig. 4: ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) in der Aufsicht;

Fig. 5: ein Beispiel erfindungsgemäßen Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) als Schnittdarstellung.

[0056] **Fig.1** zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung, in einer typischen Umgebung, d.h. in einer Flüssiggasanlage. Dabei sind deutlich die Teilsysteme der Flüssiggasanlage erkennbar: Die Fluid-Einheit 10, die Verbraucher-Einheit 90 und dazwischen das Leitungssystem 80. Die Fluid-Einheit 10 ist bevorzugt in einem Flaschenkasten untergebracht. Innerhalb der Fluid-Einheit 10 ist ein Tank bzw. eine Gasflasche 30 angeordnet, die zur Versorgung der Anlage mit dem Flüssiggas dient; es kann sich hierbei natürlich auch um eine Batterie von mehreren Gasflaschen handeln. An die Gasflasche 30 ist ein Absperr-Ventil 32 und ein Druckminderer 35 angeschlossen. Der Druckminderer 35 reduziert den hohen Druck der Gasflasche 30 auf einen Druck P1 von 30 mbar bei Freizeitwohnfahrzeugen bzw. auf 50 mbar bei Altanlagen. Für Gastronomie-Anlagen beträgt der Betriebsdruck, der nach dem Druckminderer35 anliegt, 150 mbar. Über eine Zuleitung 40 ist der Druckminderer35 mit der Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) 50 verbunden. Die VSE weist auf eine Entlüftungs-Ableitung, zur Umgebung, 75 auf. Die Umgebung weist einen Umgebungsdruck P0 auf. Über die Entlüftungs-Ableitung kann bei Bedarf das Leitungssystem 80 entlüftet werden. Das Leitungssystem 80 stellt zugleich die Versorgungs-Ableitung 80 derVSE 50 dar. Zur besseren Verdeutlichung der Druck- und Volumen-Verhältnisse ist das Volumen 81 derVersorgungs-Ableitung bzw. des Leitungssystems 80 als eigenes Element abgebildet. Das Leitungssystem 80 kann - je nach Art des Fahrzeugs, in dem es installiert ist - eine beträchtliche Länge aufweisen, typischerweise von weniger als 5 m bis zu über 20 m. Das Leitungssystem 80 kann auch ein oder mehrere Lecks oder Undichtigkeiten 85 aufweisen, die durch Unfall, unsachgemäße Benutzung oder auch durch Abnutzung entstehen können. Die Verbraucher-Einheit 90 besteht aus dem eigentlichen Verbraucher 95 und einem Absperr-Ventil 92, über das der Verbraucher 95 zu- und abgeschaltet werden kann. Die Flüssiggasanlage wird in Betrieb genommen durch Öffnen des Absperr-Ventils 32. Beim Öffnen des Absperr-Ventils 32 wird auch die VSE 50 eingeschaltet, die bei Auftreten von

Lecks oder Fehlfunktionen die Versorgung des Leitungssystems 80 mit Gas unterbricht. Die Nutzung des Gases im Verbraucher 95 wird durch Öffnen des Absperr-Ventils 92 ermöglicht.

[0057] **Fig. 2** zeigt schematisch die Details derVSE 50. Über die Zuleitung 40, in der ein Druck P1 herrscht, tritt das Gas ein. Es schließt sich ein erstes Ventil, das Freigabeventil (FV) 60, an. Parallel zu dem Freigabeventil 60 ist ein kalibrierter Begrenzer, das Pilotleck 62, angeordnet. Parallel zu diesem wird ein Messgerät 67 angeordnet, das als Differenzdruck-Messgerät ausgebildet ist. Ein zweites Ventil, das Entlüftungsventil (EV) 70, dient zur Entlüftung des Leitungssystems 80. Parallel zu dem Entlüftungsventil 70 ist ein Begrenzer 72 angeordnet, der ein mögliches Leck im Entlüftungsventil 70 darstellt. In Reihe zu dem Entlüftungsventil ist ein weiterer Begrenzer, der Volumenstrombegrenzer der Entlüftungsleitung 74, angeordnet. Zur Entlüftung des Leitungssystems 80 wird das Freigabeventil 60 geschlossen und das Entlüftungsventil 70 geöffnet. Nach der Entlüftung herrscht im Leitungssystem 80 der Druck P0 der Umgebung. Die Entlüftung findet üblicherweise statt, wenn das Fahrzeug länger abgestellt wird; es kann aber auch zu Überprüfung der korrekten Funktion derVSE oder des Messgeräts 67 durchgeführt werden. Über die Versorgungs-Ableitung 80, zum Leitungssystem, wird das Gas entnommen.

[0058] Anhand der **Fig. 2** werden die Betriebsmodi derVSE 50 verdeutlicht: Zur Entlüftung ist das Freigabeventil 60 geschlossen und das Entlüftungsventil 70 geöffnet. Im Normalbetrieb ist das Freigabeventil 60 geöffnet und das Entlüftungsventil 70 geschlossen. Im Sperrbetrieb sind beide Ventile 60, 70 geschlossen. Der Sperrbetrieb tritt ein, wenn der Verbraucher 95 abgeschaltet wurde oder wenn ein Fehlerfall eingetreten ist. Der Sperrbetrieb ist auch der bevorzugte Zustand während der Leckmessung.

[0059] **Fig. 3** zeigt (auf dery-Achse) den Verlauf des relativen Differenzdrucks $P_{diff\ rel}$, bezogen auf den maximalen Differenzdruck $P_{diff\ max}$, über dem Leck-Volumenstrom $q_{L\ rel}$ eines Lecks 85 (auf derx-Achse), der auf den Volumenstrom des Pilotlecks 62 bezogen ist. Es ist deutlich zu sehen, dass bei einem Leck-Volumenstrom $q_{L\ rel} = 1$, also wenn das Gesamtsystem ein Leck in der Größe des Pilotlecks 62 aufweist, ein relativer Differenzdruck $P_{diff\ rel} = 0{,}5 \cdot P_{max}$ am Differenzdruck-Messgerät auftritt. Dies ergibt sich auch aus den oben aufgeführten Berechnungen. Weiterhin ist zu sehen, dass bei einem gut detektierbaren Messbereich von 0,1 bis $0{,}9 \cdot P_{max}$ ein Leck-Volumenstrom $q_{L\ rel}$ von 0,1 bis $10 \cdot q_{L\ rel}$ gemessen werden kann. Zusammen mit der gesetzlichen Vorgabe, dass ein Leck mit einem $q_{L\ rel} > 1$ nicht zulässig ist, kann folglich mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Differenzdruck-Messgerät, das einen Messbereich von 0,1 bis $0{,}9 \cdot P_{max}$ aufweist, ein beliebiger Schwellwert von 0,1 bis $1 \cdot q_{L\ rel}$ für ein maximal zulässiges Leck gewählt werden.

[0060] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Ventil- und Sensor-Einheit (VSE) 50, teilweise schematisch in Draufsicht. Dabei sind im VSE-Grundkörper 51 die Anschlüsse für die Zuleitung 40 und die Versorgungs-Ableitung 80 sowie die Leitungsführung innerhalb des VSE-Grundkörpers 51 als gestrichelte Linien zu erkennen. Ferner sind die Positionen 60a und 70a abgebildet, an denen das Freigabeventil 60 bzw. das Entlüftungsventil 70 angeordnet sind, in einer Ansicht von außen. Am Rand desVSE Grundkörpers 51 ist schematisch das Differenzdruck-Messgerät 67 gezeigt, dessen einer Anschluss zur Zuleitung 40 (am Freigabeventil 60) und dessen anderer Anschluss zu einer Durchführung zurVersorgungs-Ableitung 80 geführt ist. Als Differenzdruck-Sensor in dem Differenzdruck-Messgerät 67 kann beispielsweise derTyp MPXV7007 von Freescale Semiconductor gewählt werden, der als piezoresistiver Transducer ausgeführt ist.

[0061] In **Fig. 5** ist der Schnitt AB durch das Freigabeventil 60 und den VSE Grundkörper 51 von **Fig. 4.** dargestellt, wobei das Entlüftungsventil 70 in einer Ansicht von außen gezeigt ist. Wieder sind die Anschlüsse für die Zuleitung 40 und die Versorgungs-Ableitung 80 sowie die Leitungsführung innerhalb des VSE-Grundkörpers 51 als gestrichelte Linien zu erkennen. Der Ventilkörper 61 des Freigabeventils 60 ist im Schnitt gezeigt. In diesem ist eine Magnetspule 64 angeordnet. Diese wirkt auf einen Ventilkolben 66 ein, der mit einer Rückholfeder 65 gekoppelt ist. Wenn Strom durch die Magnetspule 64 fließt, wird der Ventilkolben 66 in die Magnetspule 64 hineingezogen und das Ventil 60 auf diese Weise geöffnet. Bei der Ausführungsform von **Fig. 5** ist das Pilotleck 62 als Flow Restrictor aus Sintermetall ausgeführt. Dabei ist in die Dichtscheibe 63 ein Bypass-Loch gebohrt. Das Entlüftungsventil 70 ist ähnlich oder gleich wie das Freigabeventil 60 aufgebaut. Es ist hier im geschlossenen Zustand gezeigt, d.h. die Dichtscheibe 73 ist geschlossen. Die Dichtscheibe 73 verschließt die Entlüftungsbohrung 75 mit dem integrierten Durchflussbegrenzer 74, der bevorzugt als 0,3 mm-Bohrung ausgeführt ist.

Liste der Bezugszeichen

[0062]

10 Fluid-Einheit
30 Tank bzw. Gasflasche
32 Absperr-Ventil
35 Druckminderer
40 Zuleitung

50 Ventil- und Sensor-Einheit (VSE)
51 VSE-Grundkörper
60 erstes Ventil / Freigabeventil (FV)
60a Sitz des ersten Ventils/ Freigabeventil (FV)
61 Freigabeventil FV, Ventilkörper
62 (kalibrierter) Begrenzer (Pilotleck)
63 Dichtscheibe mit Bypass-Loch
64 Magnetspule
65 Rückholfeder
66 Ventilkolben
67 Messgerät (Differenzdruck-Messgerät)
70 zweites Ventil Entlüftungsventil (EV)
70a Sitz des zweiten Ventils / Entlüftungsventil (EV)
72 Begrenzer/ Leck im Entlüftungsventil
73 Entlüftungsventil EV, Dichtscheibe (geschlossen)
74 (kalibrierter) Begrenzer/Volumenstrombegrenzer der Entlüftungsleitung
75 Entlüftungs-Ableitung (Umgebung)
80 Versorgungs-Ableitung (Leitungssystem)
81 Volumen derVersorgungs-Ableitung (Leitungssystem)
85 Leck (im Leitungssystem)
90 Verbraucher-Einheit
92 Absperr-Ventil (AV)
95 Verbraucher
P0 Druck P0 (Umgebung
P1 Druck P1 (Zuleitung)
P2 Druck P2 (Leitungssystem)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden, mit einer Zuleitung (40) und mindestens einer Entlüftungs-Ableitung (75) und einer Versorgungs-Ableitung (80), wobei

   • in der Zuleitung (40) ein erstes Ventil (60) mit einem Pilotleck (62), das ein zum ersten Ventil (60) parallel geschalteter Begrenzer ist,
   • in der Entlüftungs-Ableitung (75) zur Umgebung ein zweites Ventil (70), mit einem in Reihe angeordnetem Begrenzer (74), und
   • parallel zum ersten Ventil (60) geschaltet ein Messgerät (67) zur Bestimmung einer Druckdifferenz,

   angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** folgende Schritte durchgeführt werden:

   a) Absenken eines zweiten Drucks (P2) in der Versorgungs-Ableitung (80), bzw. in der Entlüftungs-Ableitung (75) vor dem zweiten Ventil (70), durch Öffnen des zweiten Ventils (70) im Wesentlichen auf einen Druck (P0) der Umgebung; und
   b) Bestimmen eines maximalen Differenzdrucks des Fluids mit dem Messgerät (67) zwischen einem ersten Druck (P1) in der Zuleitung (40) und dem zweiten Druck (P2), wenn derzweite Druck (P2) gleich dem Druck der Umgebung (P0) ist;
   c) Berechnen eines maximalen Volumenstroms des Pilotlecks (62), als Leckrate des ersten Ventils (60);
   d) Kontinuierliches Bestimmen des Differenzdrucks zwischen dem ersten Druck (P1) in der Zuleitung (40) und dem zweiten Druck (P2) in der Versorgungs-Ableitung (80) und Berechnen des tatsächlichen Volumenstroms, wobei

      - ein aus dem Differenzdruck berechnetertatsächlicherVolumenstrom, dessen Wert etwa dem maximalen Volumenstrom nach Schritt (b) entspricht, auf ein nicht mehr zulässiges Leck (85) in der Versorgungs-Ableitung (80) hinweist, und
      - ein aus dem Differenzdruck berechnetertatsächlicherVolumenstrom, dessen Wert kleiner als 100% und größer als 0% des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) ist, auf im Wesentlichen kein Leck (85) in derVersorgungs-Ableitung (80) hinweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
ein tatsächlicher Volumenstrom, dessen Wert zwischen kleiner 100% und größer5%, bevorzugt zwischen kleiner 100% und größer 10%, des maximalen Volumenstroms nach Schritt (b) entspricht, auf ein Leck (85) in der Versorgungs-Ableitung (80) hinweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, mit mindestens der Entlüftungs-Ableitung (75) und dem zweiten Ventil (70), zwischen derVersorgungs-Ableitung (80) und der Umgebung, wobei
vor dem Bestimmen des Differenzdrucks gemäß Schritt (b)
der Druck (P2) in derVersorgungs-Ableitung (80) durch Öffnen des zweiten Ventils (70) im Wesentlichen auf den Druck (P0) der Umgebung abgesenkt wird, und dabei insbesondere ein Gesamtvolumen derVersorgungs-Ableitung (80) bestimmt wird, indem der Volumenstrom durch das zweite Ventil (70) und einen Begrenzer (74) beim Entlüften über den Zeitraum bis etwa der Druck (P0) der Umgebung erreicht ist, integriert, insbesondere numerisch summiert, wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei
zur Bestimmung des tatsächlichen Volumenstroms des Fluids das erste Ventil (60), zwischen der Zuleitung (40) und derVersorgungs-Ableitung (80), geschlossen ist, und das Pilotleck (62), zwischen der Zuleitung (40) und dem Leitungssystem (80), geöffnet ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
der maximale Volumenstrom des Pilotlecks (62) nach dem Entlüften, und aus dem Druckanstieg nach, insbesondere unmittelbar nach, dem Schließen des zweiten Ventils (70) bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
der maximale Volumenstrom des Pilotlecks (62) aus dem Strömungswiderstand des Pilotlecks (62) berechnet wird, wobei der maximale Volumenstrom einen Wert bevorzugt zwischen 2 cm^3 / h und 50 cm^3 / h aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**
ein Steuergerät den tatsächlichen Volumenstrom erfasst bzw. bestimmt und insbesondere dann, wenn derVolumenstrom durch das Leck (85) größer oder gleich dem Volumenstrom durch das Pilotleck (62) ist, das erste Ventil (60) schließt.

8. Verfahren nach einem dervorstehenden Ansprüche, wobei
der Differenzdruck zwischen dem Druck (P1) in der Zuleitung (40) und dem Druck (P2) in derVersorgungs-Ableitung (80) bestimmt und dertatsächliche Volumenstrom berechnet wird, wenn das Absperr-Ventil (92) geöffnet ist.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
an der Zuleitung (40) des Fluids ein Überdruck, bevorzugt ein Überdruck von weniger als 0,15 bar, besonders bevorzugt zwischen 30 und 50 mbar,jeweils bezogen auf den Druck (P0) der Umgebung, angelegt wird.

10. Vorrichtung zur Detektion von Undichtigkeiten in einem Leitungssystem zum Transport von Fluiden, mit einer Zuleitung (40), mindestens einer Entlüftungs-Ableitung (75) und einer Versorgungs-Ableitung (80) und einem Steuergerät, wobei

- in der Zuleitung (40) ein erstes Ventil (60) mit einem Pilotleck (62), das ein zum ersten Ventil (60) parallel geschalteter Begrenzer ist,
- in der Entlüftungs-Ableitung (75) zur Umgebung ein zweites Ventil (70), mit einer in Reihe angeordnetem Begrenzer (74), und
- parallel zum ersten Ventil (60) geschaltet ein Messgerät (67) zur Bestimmung einer Druckdifferenz,

angeordnet ist, und
das Steuergerät mindestens Eingänge für die Werte vom Messgerät (67) und Ausgänge zur Steuerung des ersten Ventils (60) und des zweiten Ventils (70) enthält,
dadurch gekennzeichnet, dass
in dem Steuergerät ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 implementiert ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Ventil (60) und/oder das zweite Ventil (70) elektromagnetisch oder pneumatisch geöffnet oder geschlossen, insbesondere zwangsgesteuert, geschlossen

werden kann.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromversorgung des Steuergeräts eine Strombegrenzung, bevorzugt eine Strombegrenzung gegen kurzzeitiges Überschreiten eines Maximalstroms, besonders bevorzugt eine irreversible Strombegrenzung, aufweist.

13. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12 in einer stationären und/oder mobilen Umgebung, vorzugsweise auf einem Landfahrzeug, einem Luftfahrzeug oder einem Wasserfahrzeug.

Claims

1. A method for the detection of leaks in a line system for fluid transportation, with a feed line (40) and at least one venting outlet (75) and one supply outlet (80), wherein

- a first valve (60) with a pilot leak (62) is arranged in the feed line (40), which is a limiter connected in parallel to the first valve (60),
- a second valve (70) with a series-connected limiter (74) is arranged in the venting outlet (75) to the environment, and
- a measuring device (67) for determining the pressure difference is connected in parallel to the first valve (60),

characterised in that the following steps are executed:

a) lowering a second pressure (P2) in the supply outlet (80) or in the venting outlet (75) upstream of the second valve (70) essentially to an ambient pressure (P0) by opening the second valve (70); and
b) determining a maximum differential pressure of the fluid by means of the measuring device (67) between a first pressure (P1) in the feed line (40) and the second pressure (P2) if the second pressure (P2) is equal to the ambient pressure (P2) ;
c) calculating a maximum volume current of the pilot leak (62) as the leak rate of the first valve (60) ;
d) continually determining the differential pressure between the first pressure (P1) in the feed line (40) and the second pressure (P2) in the supply outlet (80) and calculating the actual volume current, wherein

- an actual volume current calculated from the differential pressure, the value of which corresponds approximately to the maximum volume pressure as per step (b), points to a by now inadmissible leak (85) in the supply outlet (80), and
- an actual volume current calculated from the differential pressure, the value of which is smaller than 100 % and larger than 0 % of the maximum volume current as per step b), points to essentially no leak (85) in the supply outlet (80).

2. The method according to claim 1, wherein
an actual volume current, the value of which corresponds to between smaller 100 % and larger 5 %, preferably between smaller 100 % and larger 10 % of the maximum volume current as per step (b), points to a leak (85) in the supply outlet (80).

3. The method according to claim 1 or 2 with at least the venting outlet (75) and the second valve (70) between the supply outlet (80) and the environment, wherein prior to determining the differential pressure as per step (b),
the pressure (P2) in the supply outlet (80) is lowered by opening the second valve (70) essentially to the ambient pressure (P0), with, in particular, a total volume of the supply outlet (80) being determined in that the volume current through the second valve (70) and a limiter (74) is integrated, in particular numerically totalled during venting over the period, until an approximately ambient pressure (P0) has been achieved.

4. The method according to claim 1, 2 or 3, wherein
in order to determine the actual volume current of the fluid the first valve (60) between the feed line (40) and the supply outlet (80) is closed, and the pilot leak (62) between the feed line (40) and the line system (80) is opened.

5. The method according to one of the preceding claims, wherein
the maximum volume current of the pilot leak (62) after venting is determined from the rise in pressure after, in particular immediately after, closing the second valve (70).

6. The method according to one of the preceding claims, wherein
the maximum volume current of the pilot leak (62) is calculated from the flow resistance of the pilot leak (62), wherein the maximum volume current preferably has a value between 2 cm^3/h and 50 cm^3/h.

7. The method according to claim 1,2 or 6, wherein
a control unit detects or determines the actual volume current and closes the first valve (60) in particular then, when the volume current through the leak (85) is larger or equal to the volume current through the pilot leak (62).

8. The method according to one of the preceding claims, wherein
the differential pressure is determined between the pressure (P1) in the feed line (40) and the pressure (P2) in the supply outlet (80) and the actual volume current is calculated, when the shut-off valve (92) is opened.

9. The method according to one of the preceding claims, wherein
an overpressure, preferably an overpressure of less than 0.15 bar, especially preferably between 30 and 50 mbar, relative, respectively, to the ambient pressure (P0) is applied to the feed line (40) of the fluid.

10. A device for the detection of leaks in a line system for the transport of fluids, with a feed line (40), at least one venting outlet (75) and a supply outlet (80), and a control unit, wherein

- a first valve (60) with a pilot leak (62) is arranged in the feed line (40), which is a limiter connected in parallel to the first valve (60),
- a second valve (70) with a limiter (74) connected in series is arranged in the venting outlet (75) to the environment, and
- a measuring device (67) for determining the pressure difference is connected in parallel to the first valve (60), and

the control unit comprises at least inputs for the values from the measuring device (67) and outputs for controlling the first valve (60) and the second valve (70),
characterised in that
a method according to one of claims 1 to 9 is implemented in the control unit.

11. The device according to claim 10, **characterised in that**
the first valve (60) and/or the second valve (70) can be electromagnetically or pneumatically opened or closed, in particular closed under forced control.

12. The device according to claim 10 or 11, **characterised in that**
the current supply to the control unit comprises a current limitation, preferably a current limitation against temporarily exceeding a maximum current, especially preferably an irreversible current limitation.

13. A use of a device according to claim 10, 11 or 12 in a stationary and/or mobile environment, preferably in a land-based vehicle, an aircraft or a watercraft.

Revendications

1. Procédé en vue de la détection de défauts d'étanchéité dans un système de conduite en vue du transport de fluide, avec une conduite d'amenée (40) et au moins une dérivation de purge (75) et une dérivation d'alimentation (80), selon lequel

- dans la conduite d'amenée (40), une première vanne (60) est disposée avec une vidange pilote (62), qui est un limiteur commuté en parallèle vers la première vanne (60),
- dans la dérivation de purge (75) vers l'environnement, une seconde vanne (70) avec un limiteur (74) disposé en série,
- et commuté en parallèle à la première vanne (60), un appareil de mesure en vue de la détermination d'une pression différentielle,

caractérisé en ce que les étapes suivantes sont réalisées :

a) Baisse d'une seconde pression (P2) dans la dérivation d'alimentation (80) et/ou dans la dérivation de purge

(75) en amont de la seconde vanne (70), par ouverture de la seconde vanne (70) pour l'essentiel à une pression (P0) de l'environnement; et
b) Détermination d'une pression différentielle maximale du fluide avec l'appareil de mesure (67) entre une première pression (P1) dans la conduite d'amenée (40) et la seconde pression (P2), lorsque la seconde pression (P2) est égale à la pression de l'environnement (P0) ;
c) Calcul d'un débit volumétrique maximal de la vidange pilote (62) comme taux de fuite de la première vanne (60) ;
d) Détermination constante de la pression différentielle entre la première pression (P1) dans la conduite d'amenée (40) et la seconde pression (P2) dans la dérivation d'alimentation (80) et calcul du débit volumétrique effectif, selon lequel

- un débit volumétrique effectif calculé à partir de la pression différentielle, dont la valeur correspond approximativement au débit volumétrique maximal selon l'étape (b), indique une fuite (85) n'étant plus autorisée dans la dérivation d'alimentation (80), et
- un débit volumétrique effectif calculé à partir de la pression différentielle, dont la valeur est inférieure à 100 % et supérieure à 0 % du débit volumétrique maximal selon l'étape (b), n'indique pour l'essentiel aucune fuite (85) dans la dérivation d'alimentation (80).

2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel
un débit volumétrique effectif, dont la valeur correspond à moins de 100 % et à plus de 5 %, de préférence entre moins de 100 % et plus de 10 % du débit volumétrique maximal selon l'étape (b), indique une fuite (85) dans la dérivation d'alimentation (80).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, avec au moins la dérivation de purge (75) et la seconde vanne (70) entre la dérivation d'alimentation (80) et l'environnement, selon lequel,
avant la détermination de la pression différentielle selon l'étape (b),
la pression (P2) dans la dérivation d'alimentation (80) est abaissée en ouvrant la seconde vanne (70) pour l'essentiel à la pression (P0) de l'environnement, et ici notamment un volume total de la la dérivation d'alimentation (80) est déterminé en ce que le débit volumétrique est intégré par la seconde vanne (70) et un limiteur (74) lors de la purge pendant la période jusqu'à ce que la pression (P0) de l'environnement soit atteinte, et notamment additionné numériquement.

4. Procédé selon les revendications 1, 2 ou 3, selon lequel
la première vanne (60), en vue de la détermination du débit volumétrique effectif est fermée entre la conduite d'amenée (40) et la dérivation d'alimentation (80), et
la vidange pilote (62) est ouverte entre la conduite d'amenée (40) et le système de conduites (80).

5. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, selon lequel
le débit volumétrique maximal de la vidange pilote (62) est déterminé après la purge et à partir de l'augmentation de la pression, notamment immédiatement après la fermeture de la seconde vanne (70).

6. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, selon lequel
le débit volumétrique maximal de la vidange pilote (62) est calculé à partir de la résistance à l'écoulement de la vidange pilote (62), le débit volumétrique maximal présentant une valeur, de préférence entre 2 cm^3/h et 50 cm^3/h.

7. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 6, **caractérisé en ce que**
un appareil de commande saisit et/ou détermine le débit volumétrique effectif et, notamment lorsque le débit volumétrique à travers la fuite (85) est supérieur ou égal au débit volumétrique par la vidange pilote (62), ferme la première vanne (60).

8. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, selon lequel
la pression différentielle est déterminée entre la pression (P1) dans la conduite d'amenée (40) et la pression (P2) dans la dérivation d'alimentation (80) et le débit volumétrique effectif est calculé lorsque la vanne d'arrêt (92) est ouverte.

9. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, selon lequel
sur la conduite d'amenée (40) du fluide est appliquée une surpression, de préférence une surpression inférieure à 0,15 bar, de préférence particulière entre 30 et 50 mbar, respectivement par rapport à la pression (P0) de l'envi-

ronnement.

10. Dispositif en vue de la détection de défauts d'étanchéité dans un système de conduite en vue du transport de fluide, avec une conduite d'amenée (40), au moins une dérivation de purge (75) et une dérivation d'alimentation (80), et un appareil de commande, selon lequel

- dans la conduite d'amenée (40), une première vanne (60) est disposée avec une vidange pilote (62), qui est un limiteur commuté en parallèle vers la première vanne (60),
- dans la dérivation de purge (75) vers l'environnement, une seconde vanne (70) avec un limiteur (74) disposé en série, et
- commuté en parallèle à la première vanne (60), un appareil de mesure en vue de la détermination d'une pression différentielle,

et
l'appareil de commande présente au moins des entrées pour les valeurs de l'appareil de mesure (67) et des sorties en vue de la commande de la première vanne (60) et de la seconde vanne (70),
caractérisé en ce que
dans l'appareil de commande, un procédé selon une quelconque des revendications 1 à 9 est implémenté.

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que**
la première vanne (60) et/ou la seconde vanne (70) peut être ouverte ou fermée électromagnétiquement ou pneumatiquement, notamment fermée par commande forcée.

12. Dispositif selon les revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce que**
l'alimentation électrique de l'appareil de commande présente une limitation de courant, de préférence une limitation de courant contre le dépassement momentané d'un courant maximal, de préférence particulière une limitation de courant irréversible.

13. Utilisation d'un dispositif selon les revendications 10, 11 ou 12 dans un environnement stationnaire et/ou mobile, de préférence sur un véhicule routier, un véhicule aérien ou un véhicule aquatique.

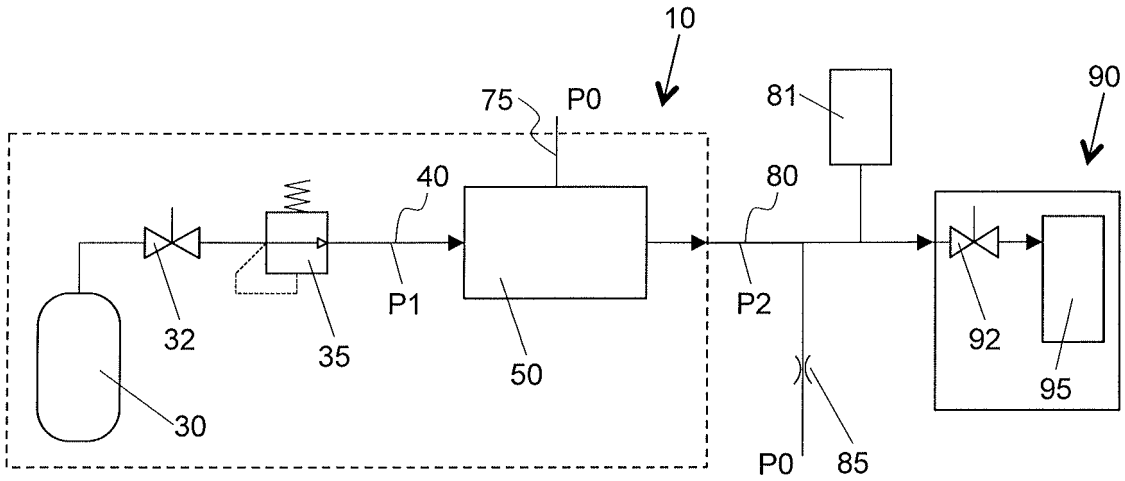

10
75
P0
81
90
40
80
32
35
P1
50
P2
92
95
30
P0
85

Fig. 1

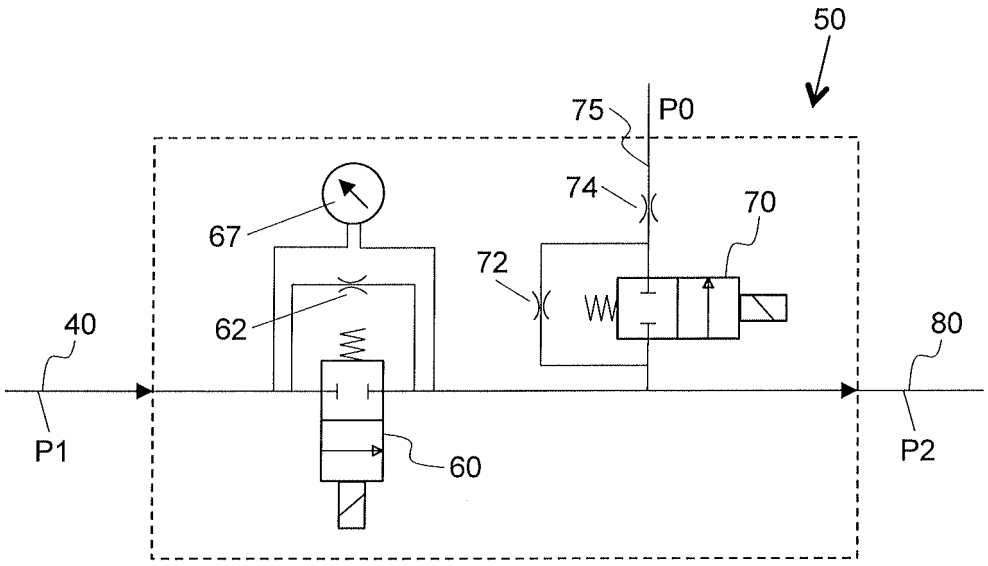

50
75
P0
74
70
67
72
62
40
80
P1
60
P2

Fig. 2

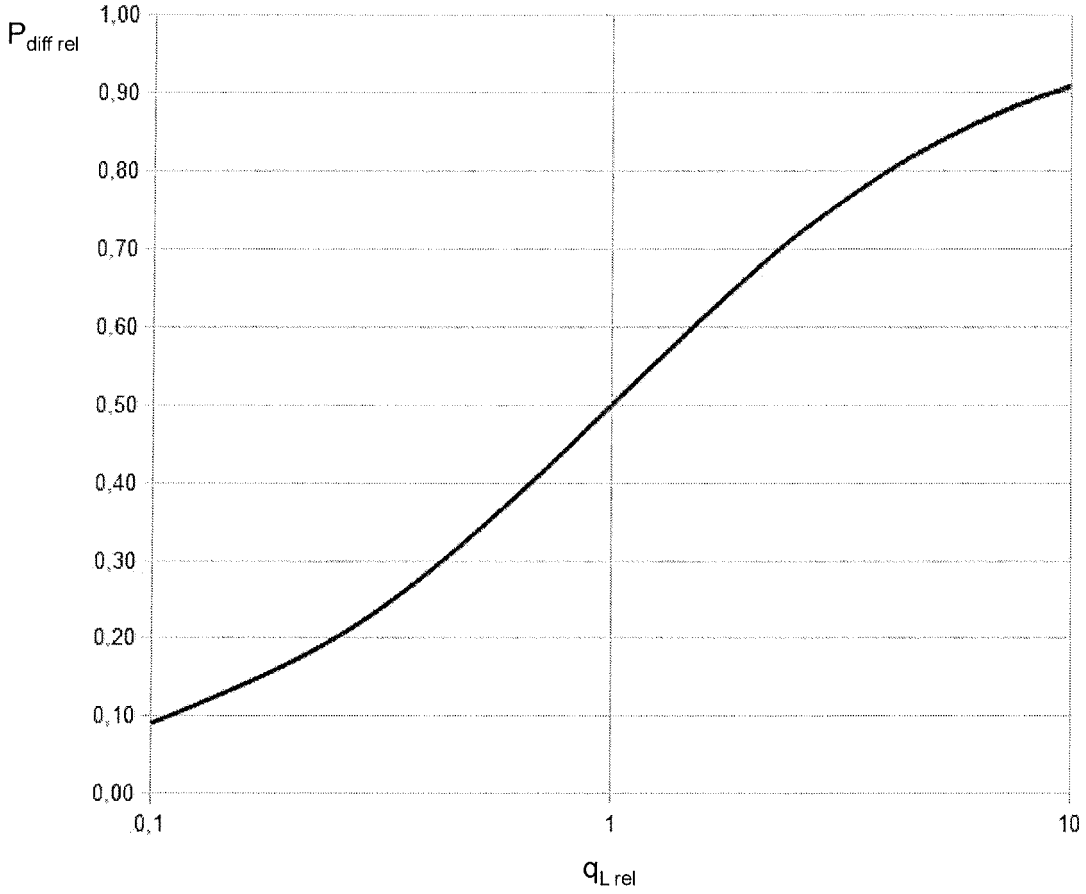

P diff rel
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,1
1
10
q L rel

Fig. 3

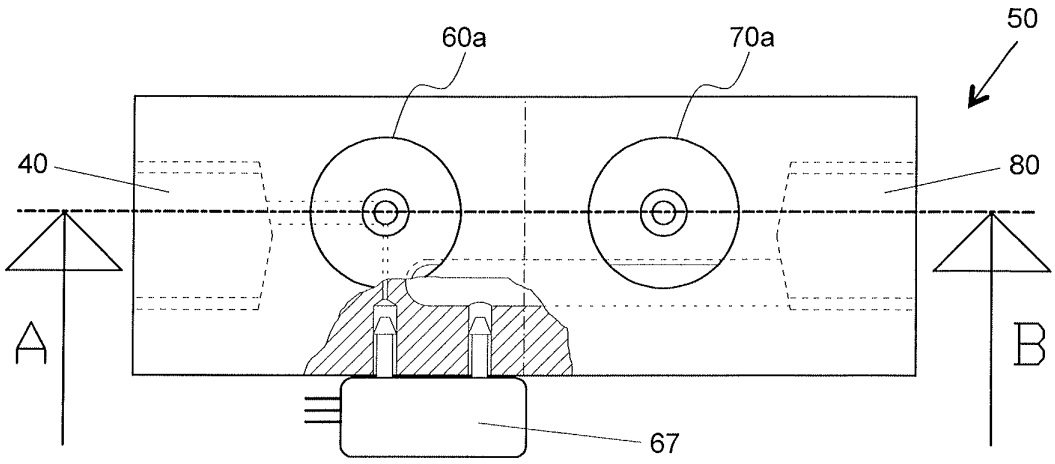


Fig. 4

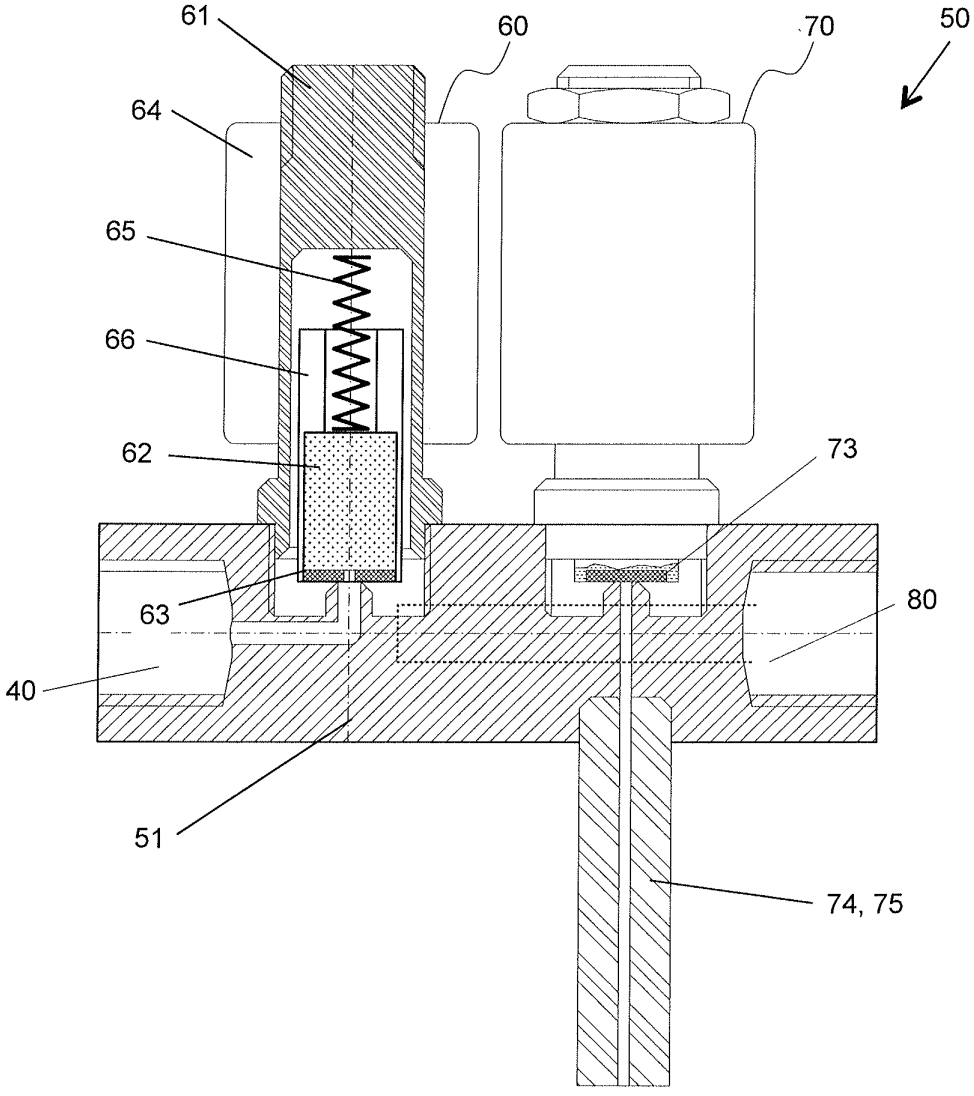


Fig. 5

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 19942185 **[0007]**