

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 408 694 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 383/97
(22) Anmeldetag: 06.03.1997
(42) Beginn der Patentdauer: 15.06.2001
(45) Ausgabetag: 25.02.2002

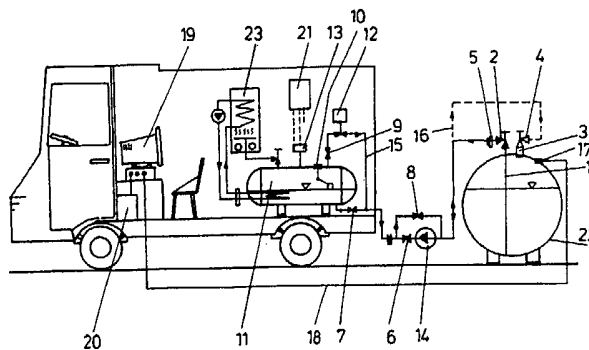
(51) Int. Cl.⁷: **G01N 29/14**

(73) Patentinhaber:
HINTAYE ALEXANDER DIPL.ING. DR.TECHN.
A-6080 INNSBRUCK/IGLS, TIROL (AT).

(54) VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR DRUCKPRÜFUNG EINES FLÜSSIGGASBEHÄLTERS

AT 408 694 B

(57) Verfahren und Einrichtung zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters, bei dem Flüssiggas in der Flüssigphase aus dem Flüssiggasbehälter oder einem Extrabehälter in einen räumlich getrennten Verdampfungsbehälter gebracht wird, in dem das Flüssiggas durch Wärmezufuhr in die gasförmige Phase überführt wird und von dem anschließend Flüssiggas in der gasförmigen Phase in den zu prüfenden Flüssiggasbehälter (rück)geführt wird und dort zu einer Drucksteigerung bis zum Prüfdruck führt. Die gasförmige Phase des Flüssiggases wird im Verdampfungsbehälter durch Wärmezufuhr auf einen Druck oberhalb des Prüfdruckes gebracht, wobei die gasförmige Phase des Flüssiggases über eine vorzugsweise in der Nähe des Verdampfungsbehälters angeordnete Drosseleinrichtung aus diesem ausströmt und als überhitztes Gas dem Flüssiggasbehälter zugeführt wird.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters, bei dem Flüssiggas in der Flüssigphase aus dem Flüssiggasbehälter oder einem Extrabehälter in einen räumlich getrennten Verdampfungsbehälter gebracht wird, in dem das Flüssiggas durch Wärmezufuhr in die gasförmige Phase überführt wird und von dem anschließend Flüssiggas in der gasförmigen Phase in den zu prüfenden Flüssiggasbehälter (rück)geführt wird und dort zu einer Drucksteigerung bis zum (gewünschten) Prüfdruck führt. Weiters betrifft die Erfindung eine Einrichtung zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters mit einem von diesem räumlich getrennten, mit einer Heizeinrichtung ausgestatteten Verdampfungsbehälter und mit mindestens einer (vorzugsweise nur einer) Verbindungsleitung zwischen den Behältern. Die Drucksteigerung in Behältern zur Lagerung von Flüssiggas wird zwecks Druckprüfung derselben mit begleitender Schallemissionsanalyse durchgeführt.

Es handelt sich hier um die Erfindung eines einfachen und in der Praxis immer anwendbaren Verfahrens zur Drucksteigerung in Flüssiggasbehältern unter Verwendung desselben sich im Behälter befindlichen Flüssiggases. Während der Drucksteigerung wird eine begleitende Schallemissionsanalyse durchgeführt, die eine Aussage über die weitere Verwendbarkeit des jeweiligen Behälters liefert. Die Flüssiggasbehälter sind überwiegend im Freien, ober- oder unterirdisch aufgestellt oder in einem Tankraum.

Die Schallemissionsanalyse ist seit langem bekannt und beruht auf folgendem Prinzip: Ist ein Bauteil mit Fehlern behaftet, so verursachen diese Fehler bei einer Steigerung der Belastung typische Schallemissionen (Geräusche) mit bestimmten akustischen Eigenschaften. Mit hochempfindlichen Sensoren kann man diese Schallemissionen empfangen und mittels geeigneten EDV-Programmen analysieren. Dadurch kann man auch Aussagen über die Gefährlichkeit eventuell festgestellter Fehler treffen.

Auf der anderen Seite müssen Flüssiggasbehälter zur Feststellung ihrer weiteren Verwendbarkeit periodischen Druckprüfungen unterzogen werden. Diese Prüfungen erfolgen in der Regel in Form von Wasserdruckproben. Zur Durchführung einer Wasserdruckprobe ist es notwendig, die sich im Behälter befindliche Flüssiggasphase abzusaugen und in einem Tankfahrzeug zwischenzulagern, die restliche Gasphase entweder abzufackeln oder in die Atmosphäre abzulassen, den Behälter mit Wasser zu füllen und auf einen bestimmten Prüfdruck zu bringen um feststellen zu können, ob er diesem Druck standhält. Nach erfolgreicher Druckprobe wird das Wasser zur Entsorgung abgelassen, der Behälter getrocknet und einer inneren Untersuchung unterzogen. Dann wird das ausgepumpte Flüssiggas zurückgepumpt und der Behälter wieder betriebsbereit gemacht. Alle diese Manipulationen mit Flüssiggas können zu gefährlichen Situationen führen und haben mehrmals zu schweren Unfällen mit tödlichem Ausgang bzw. zu Betriebsstörungen geführt.

Da es bei der Prüfung der Behälter in erste Linie darum geht, eventuell vorhandene Fehler in den Behälterwandungen oder bei der Ausrüstung festzustellen, würde die Anwendung der Schallemissionsanalyse ein wertvoller Ersatz der erwähnten Wasserdruckproben darstellen. Die Schallemissionsanalyse liefert aber nur dann aussagefähige Ergebnisse, wenn während der Messung eine Drucksteigerung bis zu einem bestimmten Prüfdruck erfolgt. Gelänge es daher in Flüssiggasbehältern mit dem selben Medium den Druck mit einer bestimmten Rate zu steigern, brächte die Anwendung der Schallemissionsanalyse als Ersatz der Wasserdruckproben große wirtschaftliche, umweltmäßige und sicherheitstechnische Vorteile.

Beim Lösen dieses Problems ist die Nutzung bestimmter und seit vielen Jahrzehnten bekannter physikalischer Eigenschaften des Flüssiggases sehr naheliegend. Flüssiggase sind nämlich unter Druck verflüssigte Gase, d.h. das Gas befindet sich im jeweiligen Behältnis in einer flüssigen und in einer sich über diese befindlichen gasförmigen Phase. Im stationären Zustand befinden sich beide Phasen im Thermodynamischen Gleichgewicht und haben den gleichen Druck und die gleiche Temperatur. Eine wesentliche weiter wichtige und ebenso bekannte Eigenschaft von Flüssiggasen ist die Tatsache, daß der Druck in einem mit Flüssiggas gefüllten Behälter stark von der Temperatur abhängig ist. Mit steigender Temperatur ist ein Anstieg des Druckes verbunden. Der Temperaturanstieg bewirkt nämlich das Verdampfen eines Teiles der Flüssiggasphase, wobei eine 250-fache Volumsvergrößerung dieses Teiles eintritt. Die neugebildete gasförmige Menge zwingt sich in den Raum mit der Gasphase und führt somit zu der erwähnten Drucksteigerung. Bei einer Abkühlung des Tankinhalts kondensiert ein Teil der Gasphase, es findet eine Volumsverkleinerung statt, die Folge ist Druckabfall. Der Druckverlauf eines verflüssigten Gases in Abhängigkeit von der

Temperatur ist gasspezifisch und in sogenannten Satt dampftabellen festgehalten. Diese Satt dampftabellen sind für alle Gase seit langem bekannt und fast in jedem technischen Handbuch wiedergegeben. Die Flüssiggase Propan, Butan und deren Gemische haben demgemäß auch bekannte Satt dampftabellen.

5 Gemäß diesen Satt dapftabellen ist es daher prinzipiell möglich, den Druck in einem Flüssig gasbehälter durch Erwärmung dessen Inhalts, zu erhöhen. Die Anwendung dieses Prinzips ist auch dort üblich, wo eine Druckerhöhung in einem Flüssiggasbehälter notwendig wird, wenn z. B. große gasförmige Gasmengen aus dem Behälter entnommen werden. Andernfalls würde die Behältertemperatur durch die bei der Verdampfung der Flüssigphase entzogene Verdampfungswärme ständig sinken. Gemäß der erwähnten Satt dampftabelle, würde aber auch der Behälterdruck sinken. Dies kann soweit gehen, daß die tiefe Behältertemperatur und der tiefe Behälterdruck keine ausreichende Gasentnahme mehr erlauben. Als Gegenmaßnahme dient eine Beheizung der Flüssigphase durch Warmwasser und somit eine Anhebung von Temperatur und Druck. Die Anwendung dieses Prinzips ist seit Jahrzehnten Stand der Technik.

10 Wenn es gelingt, den Druck in einem mit begleitender Schallemissionsanalyse zu prüfenden Behälter nach vorgegebenem Verlauf unter Anwendung dieses bekannten Prinzips zu erhöhen, steht gegen die Anwendung der Druckprüfung von Flüssiggasbehältern mit begleitender Schallemissionsanalyse nichts im Wege. die Druckerhöhung durch Verdampfung und Temperaturerhöhung muß allerdings ohne Veränderungen am zu prüfenden Behälter erfolgen. Hierbei ist es besonders wichtig, daß bei dieser Drucksteigerung keine Zusatzgeräusche und Schwingungen am Behälter entstehen dürfen. Andernfalls würden diese Geräusche von dem am Behälter angebrachten Sensoren aufgenommen und durch Überlagerung zu echten Signalen aus echten Materialfehlern die Durchführung des Schallemissionsanalyse unmöglich machen.

15 Es ist aus dem österreichischen Patent AT 399780 B bekannt, daß zur Drucksteigerung, aus dem zu prüfenden Flüssiggasbehälter Gas in der Flüssigphase entnommen, durch Erwärmen in die Gasphase überführt und mit einem Kompressor in den Behälter zurückgeführt wird. Hierdurch erfolgt eine Drucksteigerung. Dieses Verfahren ist mit einem großen apparativen Aufwand (Kompressor, Antrieb desselben etc.) verbunden. Weiters bilden die durch den Kompressor erzeugten Geräusche und Schwingungen große Störfaktoren, die weiter aufwendige Gegenmaßnahmen erfordern.

20 Aus dem österreichischen Patent AT 401435 B ist auch bekannt, daß eine Drucksteigerung dadurch zu erzielen ist, daß aus dem Flüssiggasbehälter Gas in der Flüssigphase durch Ansaugen mittels einer Pumpe kontinuierlich entnommen, einem Verdampfer zugeführt, dort durch Verdampfen in Gasphase überführt und in den Behälter zurückgeführt wird. Hierdurch soll ein Druckanstieg im zu prüfenden Behälter erfolgen. Das System soll in einem geschlossenen Kreislauf arbeiten.

25 Wesentlich für die Durchführung der Schallemissionsmessung bei diesem bekannten Verfahren ist der Verzicht auf einen Kompressor, der Störgeräusche erzeugen würde, deren Dämpfung bzw. Absorption gewisse Maßnahmen erfordern. Anstelle des Kompressors soll die Druckerhöhung alleine durch Wärmezufuhr bewerkstelligt werden, wobei wesentliche Merkmale sind:

- 40
- ◆ das System bildet einen geschlossenen Kreis, d.h. der Verdampfer ist mit dem Prüfling mit zwei Leitungen verbunden, in einer Leitung wird Flüssigphase kontinuierlich angesaugt, in der zweiten Leitung soll das erwärmte Gas in der Gasphase in den Prüfling zurückströmen,
 - ◆ die Pumpe, die die Flüssigphase ansaugt, läuft ständig während der Messung,
 - ◆ um die eintretende Kondensation zu begegnen, soll ein zusätzlicher Verdampfer im Kreislauf knapp vor dem Prüfling eingebaut werden,
 - ◆ dieser zusätzliche Verdampfer muß mit Energie versorgt werden,
 - ◆ die Energie zur Nachverdampfung soll entweder durch elektrische Heizung erfolgen, d.h. bis dorthin sind Versorgungsleitungen mit einer bestimmten Leistung zu verlegen oder mit Warmwasser, d.h. es sind zwei Warmwasserleitungen, eine Vorlauf- und eine Rücklaufleitung, dorthin zu verlegen. Für die Warmwasserumwälzung ist auch eine Umwälzpumpe notwendig.
- 45
- 50

Der Druck im Prüfling und im Verdampfer haben während der Messung in jedem Augenblick den gleichen Wert, der kontinuierlich bis zum Prüfdruck steigt.

Dieses Verfahren weist folgende Nachteile auf:

- 55
- ◆ Das System arbeitet ähnlich wie das sogenannte Gaspendelverfahren. Es sind zwei

Schläuche vom mobilen Verdampfer zum Prüfling zu verlegen, der eine für das Ansaugen des Flüssiggases und Führung desselben zum Verdampfer, der zweite zum Führen der Gasphase zum Prüfling. Es sind zwei Schlauchtrommeln notwendig. Da es um eine Entfernung geht, die in der Regel bis 50 m betragen kann, bedeutet dies einen hohen Materialaufwand,

- ◆ Zum Ansaugen der Flüssigphase muß die Flüssiggaspumpe ständig oder intermittierend, auf jeden Fall aber während der Schallemissionsmessung laufen. Da die Pumpe die Flüssigphase durch den engen Sitz des Flüssigphaseventils, das noch mit einem Rohrbruchventil versehen ist ansaugen muß, sind hier die Strömungs- und Reibungsverluste relativ hoch, sie verursachen Strömungsgeräusche, die eine einwandfreie Messung sehr erschweren, wenn nicht unmöglich machen.

Weiters muß die Pumpe so nah wie möglich am Behälter situiert werden, sonst kommt es an deren Saugseite infolge der erwähnten Strömungsverluste zu einem derart hohem Druckabfall, daß in der Sauleitung unweigerlich zu Verdampfungen der Flüssigphase und folglich zum Abreißen des Saugstromes und somit zum momentanen Versagen des Systems kommt. Wenn die Pumpe aber sehr nahe am Behälter angebracht wird, haben Versuche gezeigt, daß - wie bereits erwähnt - dort fast unbeherrschbare Schwingungen und Störgeräusche entstehen, die eigentlich durch den Verzicht auf einen Kompressor hätten vermieden werden sollen. Weiters ist vorgesehen den Verdampfer mit Füllstandsonden zu versehen, die den Pumpenlauf regeln sollen, abgesehen vom Aufwand, das Anlaufen und Stehenbleiben der Pumpe verursacht auch Geräusche, die die Messung beeinträchtigen.

- ◆ Der Tatsache, daß es in der Zuführungsleitung zum Prüfling zu Kondensationen kommen wird, wird erkannt und mit der Installation eines zusätzlichen Verdampfers begegnet. Flüssiggas hat eine sehr geringe Verdampfungswärme, nämlich 100 Kcal (417 KJ) je Kg (Wasser hat ca. den fünffachen Wert). Die Flüssiggasbehälter mit einem üblichen Propan-Butan-Gemisch haben im Sommer einen Betriebsdruck im Schnitt von ca. 7 bar. Nach der Satt-dampftabelle entspricht diesem Satt-dampfdruck eine Satt-dampftemperatur von 25°C. Der Prüfdruck beträgt 12.5 bar, diesem Druck entspricht eine Satt-dampftemperatur von fast 50°C, d.h. daß das in den Prüfling einströmende Gas am Anfang auf 25°C und am Ende der Prüfung bis 50°C erwärmt werden muß. Sobald die Umgebungstemperatur der gaszuführenden Schläuche unter diesen Werten liegt, was gegen Ende der Prüfung immer eintreten wird, da eine Umgebungstemperatur von 50°C in unseren Breitengraden auszuschließen ist, ist nach den Regeln der Physik und der Wärmeübertragung immer mit einer Kondensation zu rechnen. Je tiefer die Umgebungstemperaturen sind, je höher wird die Kondensation ausfallen. In Extremfällen, bei sehr kaltem Wetter und langen Leitungen, die in nassen Wiesen liegen können, kann es zu einer totalen Kondensation kommen, d.h. die einem Kg zwecks Verdampfung zugeführten 417 KJ gehen in den Leitungen wieder durch Abkühlung verloren, das Gas kondensiert komplett (d. h. die zugeführte Wärmemenge geht unterwegs verloren), es kommt zu keinerlei Druckerhöhung. Die Anbringung eines zusätzlichen Verdampfers ist daher unerlässlich. Die Versorgung dieses Verdampfers mit Energie erfolgt:

- elektrisch, es ist eine starke Stromquelle und die Verlegung von zusätzlichen Stromleitungen notwendig. Außerdem ist eine sehr genaue Regelung notwendig. Die zugeführte Energie muß immer nach Anfall der Kondensatmenge geregelt werden, sodaß die Heizstäbe immer von Flüssiggas geflutet sein müssen, sonst brennen sie durch. Da aber die anfallende Kondensatmenge von der Witterung abhängig ist, wird die Regelung kompliziert und umso empfindlicher, je kleiner der Nachverdampfer ist.
- mittels Warmwasser, hier wären weitere zwei Vor- und Rücklaufschläuche von 50 m Länge und eine Umwälzung notwendig. Ein unverhältnismäßig hoher Aufwand mit einem großen Bedarf an Platz und Manipulationen.

- ◆ Die Therme wird aus einer mitgeführten Gasflasche versorgt. Sie beansprucht Platz, bringt zusätzliche Transportgefahren mit sich, erfordert zusätzliche Manipulationen. Insbesondere ist es schwierig zu erkennen, ob die Flasche bereits leer und auszutauschen ist. Wird sie mitten in einer Messung leer, darf die ganze Messung aus verfahrensspezifischen Gründen (Kaisereffekt) erst nach sechs Monaten wiederholt werden.

Die Erfindung hat zum Ziel, diese Nachteile und Schwierigkeiten zu beseitigen und ein ein-

faches, sicheres Verfahren (sowie Einrichtung) anzugeben, dessen Ausrüstung mit wenigen Teilen auskommt und dessen Regelung einfach und vor allem von der Umgebungstemperatur unabhängig und verlässlich arbeitet.

5 Dieses Ziel wird beim erfindungsgemäßen Verfahren dadurch erreicht, daß die gasförmige Phase des Flüssiggases im Verdampfungsbehälter durch Wärmezufuhr auf einen Druck oberhalb des Prüfdruckes gebracht wird, wobei die gasförmige Phase des Flüssiggases über eine vorzugsweise in der Nähe des Verdampfungsbehälters angeordnete Drosseleinrichtung aus diesem auströmt und somit als überhitztes Gas dem Flüssiggasbehälter zugeführt wird. Die erfindungsgemäße Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß in eine vorzugsweise in der Nähe des Verdampfungsbehälters liegenden Abschnitt der Verbindungsleitung eine gesonderte Drosseleinrichtung angeordnet ist. Aus dem zu prüfenden Behälter wird eine bestimmte und für den Druckaufbau notwendige und ausreichende Gasmenge in Flüssigphase entnommen und in einem Verdampfer gespeichert. Diese Gasmenge läßt sich wie folgt errechnen:

15 Das sich im zu prüfenden Behälter befindliche Flüssiggas hat eine Flüssigphase und eine Gasphase. Der zu erreichende Prüfdruck beträgt in der Regel 12.5 bar, der zum gegebenen Zeitpunkt im Behälter herrschende Betriebsdruck hängt von der Umgebungstemperatur ab und schwankt zwischen 4 und 7 bar. Um den Behälter vom gerade herrschenden Betriebsdruck auf den Prüfdruck zu bringen, ist die Zuführung einer bestimmten Gasmenge in der Gasphase notwendig. Diese Menge errechnet sich aus dem Füllungsgrad des Behälters und aus der Druckdifferenz Prüfdruck-Betriebsdruck nach den bekannten Gasgleichungen.

20 Wenn PB Betriebsdruck in bar (abs.)
 PP Prüfdruck in bar (abs.)
 V Inhalt des Gasraumes des Behälters in m³ = Gesamtbehälterinhalt minus Füllungsstand, der am Inhaltanzeiger abzulesen ist
 25 κ eine bekannte Gaskonstante
 bedeutet, dann beträgt die zur Druckerhöhung notwendige Gasmenge V_D in NM³ mit ausreichender Genauigkeit

$$V_D = (PP-PB) \times V^{\kappa}$$

30 Da zur Erzeugung von einem NM³ Flüssiggas in Gasphase die Verdampfung von 4 Liter (2 kg) Flüssiggas in Flüssigphase notwendig sind, beträgt die zur Druckerhöhung notwendige Gasmenge in Flüssigphase und in Litern ausgedrückt V_D:

35
$$V_D = (PP-PB) \times V^{\kappa} \times 4 \times S \quad \text{in Liter,}$$

wobei S ein Sicherheitsfaktor ist, der Ableseungenauigkeiten, allfällige Kondensation an der Behälteroberfläche in der Anfangsphase etc. berücksichtigen soll. Erfahrungsgemäß reicht ein S = 1.3 vollkommen aus.

40 Nach der Größe der gängigen und nach diesem Verfahren zu prüfenden Behältern beträgt V im Extremfall ca. 300 Liter. Da ein Verdampfer mit einem Volumen von 300 Litern relativ klein und in einem KFZ leicht unterzubringen ist, ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, die zum Druckaufbau notwendige Gasmenge nicht kontinuierlich, sondern zur Gänze vor Beginn der Messung in den Verdampfer umzupumpen und dann zu verdampfen. Dadurch ist der Einfluß der Geräusche durch den Pumpvorgang und durch die Flüssig-Gasströmung während der Messung beseitigt.

45 Das entnommene und in den Verdampfer (Verdampfungsbehälter) gespeicherte Flüssiggas wird nun dort verdampft. Im Speicher, der zugleich als Verdampfer dient, ist ein Rohrbündel eingebaut, das primärseitig mit Wasser gefüllt ist und mit einer Gastherme (Heizeinrichtung) zusammenhängt. Sekundärseitig ist das Rohrbündel vom zu verdampfenden Flüssiggas umgeben.

50 Das Flüssiggas wird nun verdampft und dem Prüfling (= Flüssigkeitsbehälter) zugeführt. Um das Problem der Kondensation zu beseitigen, wird nun das Gas im Verdampfer erfindungsgemäß zuerst auf eine höhere Temperatur (und höheren Druck) als die Umgebungstemperatur (und Druck im Prüfling) erwärmt.

55 Da wie bereits erwähnt, der Zusammenhang von Druck und Temperatur des Gases gemäß Sattdampftabelle vorgegeben ist, ist es nicht notwendig (wenngleich auch möglich) den Erwär-

mungsgrad nach der Temperatur, sondern nach dem Druck zu regeln, da dies viel einfacher ist. Das Einhalten eines bestimmten Druckes im Verdampfer bedeutet gemäß Satt dampftabelle zwangsläufig das Einhalten der diesem Satt dampfdruck entsprechende Satt dampf temperatur.

Das über die Umgebungstemperatur erwärmte Gas wird nun durch einen Schlauch über ein erfindungsgemäß geeignetes und geregeltes Ventil dem Prüfling zugeführt. Die Zuführung wird derart gesteuert, daß das Gas nach Verlassen des Ventils in den Zuführungsleitungen einen niedrigeren Druck aufweist, als im Verdampfer. Dadurch befindet sich das aus diesem Ventil strömende Gas erfindungsgemäß in einem künstlich überhitzten Zustand, da seine Temperatur höher liegt als jene, die dem in den Leitungen herrschenden und niedrigeren Druck entsprechende Satt dampf temperatur.

Das Gas kann demnach erst dann beginnen zu kondensieren, wenn seine Temperatur auf seinem Weg zum Prüfling und in diesem selbst durch Abkühlung soweit gesunken ist, daß die dem im Behälter gerade herrschende Satt dampfdruck entsprechende Satt dampf temperatur erreicht wurde. Der Grad der Überhitzung im Verdampfer kann erfindungsgemäß nach den herrschenden Verhältnissen derart angepaßt werden, daß eine Kondensation ausgeschlossen ist. Dadurch entfällt die Einschaltung eines zusätzlichen Verdampfers mit allen damit zusammenhängenden Problemen der Regelung und des sonstigen Aufwandes.

Die Therme wird vorzugsweise aus dem Verdampfer selbst versorgt, die Mitführung einer Flasche, die Platz benötigt und eine zusätzliche Gefahrenquelle beim Transport darstellt, ist somit nicht notwendig.

Eine bevorzugte Einrichtung zur Durchführung und Anwendung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Durchführung einer Schallemissionsanalyse mit gleichzeitiger Erhöhung des Druckes im zu prüfenden Flüssiggasbehälter ist durch die Kombination folgender Komponenten und Merkmale gekennzeichnet:

- ◆ Ein Kraftfahrzeug von der Art eines Hochdachbuses in der unteren Größenkategorie, indem alle benötigten Einrichtungen Platz haben,
- ◆ Ein Verdampfer mit einem Fassungsvermögen von ca. 300 Liter. Die Heizfläche des Verdampfers bildet ein eingebautes Rohrbündel. Der Wärmeträger ist Wasser,
- ◆ Eine Gastherme, die den Wärmeträger „Wasser“ in Sekundärkreis des Verdampfers erwärmt,
- ◆ Der Verdampfer hat folgende Ausrüstung:
 - ein Spezial-Ventil, das derart geregelt wird, daß eine voreinstellbare Ausström-Gasmenge mit einem bestimmten Druck und die auch im Verlauf der Zeit veränderlich ist, dem Prüfling zugeführt wird,
 - ein freiprogrammierbarer Regler, der das vorangeführte Ventil derart steuert, daß der Druckaufbau bis zum Prüfdruck einen voreinstellbaren Verlauf aufweist,
 - ein Druckregler, der die Beheizung des Verdampfers derart steuert, daß der Druck im Verdampfer ständig in einem vorgegebenen Druckbereich gehalten wird,
 - ◆ eine Schlauchtrommel, die bis zum Prüfling ausgerollt werden kann,
 - ◆ Adapter, die es erlauben, die Schlauchtrommel am Prüfling, einmal an der Flüssigphase und einmal an der Gasphase beim Befüllungsventil anzuschließen,
 - ◆ ein Flüssiggaspumpaggregat, das erlaubt, einmal Flüssiggas in Flüssigphase in den Verdampfer zu pumpen und das andere Mal das gasförmige Gas über einen Bypass vom Verdampfer dem Prüfling zuzuführen,
 - ◆ EDV-Einheit, bestehend aus Schallemissionsmeseinrichtung, Rechner, Bildschirm, Oszilloskop und diverse Hilfseinrichtung,
 - ◆ Kabelbunde für Stromversorgung und Meßwertübertragung,
 - ◆ diverse Schallemissionsaufnehmer und
 - ◆ Schalt- und Steuerschrank.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer schematischen Zeichnung durch ein Beispiel erläutert.

Der zu prüfende Flüssiggasbehälter 22 hat im Anschluß an einem Tauchrohr 1 ein Flüssiggasventil 2. Dieses Ventil ist mit der Flüssigphase verbunden. Ein Befüllungsventil 3 ist auch vorhanden und ist mit dem Gasraum verbunden. NV stellt eine beliebiges Niveau der Flüssigphase dar.

Der Überprüfungsbus wird in der Nähe der Prüflings gefahren, jedoch außerhalb der Schutzzone abgestellt und abgesichert. Ein auf einem Handroller montiertes Flüssiggaspumpenaggregat 14 wird in die Nähe des Prüflings aufgestellt. Die Schlauchtrommel 15 wird ausgerollt und bei der Verbindungsstelle K mit einer Schlauchkupplung an die Druckseite der Pumpe 14 angeschlossen. Die Saugseite der Pumpe wird mittels eines mit diesem festverbundenen Schlauches 16 unter der Verwendung eines Adapters 5 an das Flüssigphase-Ventil angeschlossen. Die Pumpe 14 wird mit Strom versorgt. Ventile 6 und 7 werden geöffnet, Ventile 8 und 9 werden geschlossen. Nun ist die Flüssigphase des Prüflings mit jener des Verdampfers verbunden. Die Pumpe 14 wird eingeschaltet und die notwendige Flüssiggasmenge, die am Inhaltanzeiger 10 am Verdampfer 11 ablesbar ist, wird aus dem Prüfling 22 in den Verdampfer 11 umgepumpt. In der Zwischenzeit können die Sensoren 17 am Prüfling 22 angebracht und die Übertragungskabel 18 zwischen diesem und dem Meßsystem 19 ausgelegt werden. Das Meßsystem 19, das auch im Bus in der Nähe des Verdampfers untergebracht ist, besteht aus einem Signalerfassungs-, Signalanalyse- und Signalauswertesystem, die andererseits an einem Rechner 20 angeschlossen sind. Die ganzen Einrichtungen werden über den Steuer- und Regelschrank 21 mit Strom versorgt.

Wenn der Umfüllvorgang abgeschlossen ist, wird anschließend die Verbindung der Pumpensaugseite vom Flüssiggasventil gelöst und mittels Adapter 4 an das Befüllungsventil angeschlossen. Ventile 6 und 7 werden geschlossen, 8 wird geöffnet.

Es werden nun die notwendigen Kalibrier- und Einstellungsarbeiten an der Meßanlage 19 vorgenommen, bis Meßbereitschaft erreicht ist.

Über den Steuerschrank wird die Therme 23 eingeschaltet. Eine Erwärmung und Druckaufbau im Verdampfer beginnt. Wenn der Druck im Verdampfer einen bestimmten voreingestellten Wert erreicht, schaltet der Druckleger 13 die Therme 23 ab. Das Ventil 9 wird geöffnet, nun sind die Gasräume des Prüflings und des Verdampfers miteinander verbunden und der Druckaufbau im Prüfling 22 kann beginnen.

Durch den höheren Druck im Verdampfer 11 als im Prüfling 22 strömt gasförmiges Flüssiggas in den Prüfling und schiebt zunächst die sich noch im Schlauch befindliche Flüssigphase in den Prüfling, bis anschließend das erwärmte Gas ankommt. Die Druckaufbau- und Meßphase beginnt.

Das gesteuerte Motorventil 12 (Regelventil) sorgt über einen im Steuerschrank 21 eingebauten und freiprogrammierbaren Regler selbsttätig für einen gleichmäßigen voreinstellbaren Druckanstieg, während die Therme 23 in Verbindung mit dem Druckregler 13 auch selbsttätig für einen konstanten Druck im Verdampfer und somit für eine voreinstellbare, vorzugsweise konstante Temperatur des aus dem Verdampfer ausströmenden Gases sorgt. Das Prüfpersonal kann sich auf die Bedienung der Meßanlage und Auswertung deren Ergebnisse konzentrieren. Der Druckaufbau erfolgt vollkommen selbsttätig, währenddessen befinden sich keine sich bewegende oder drehende Teile in Betrieb.

Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß bei Einhalten von 15 bar im Verdampfer eine einwandfreie Druckerhöhung bis zu einer Umgebungstemperatur knapp über 0°C ohne Eintreten von Kondensation erfolgen kann. Hierbei lagen die gasführenden Schläuche ohne Isolierung und im Freien bei nassem Wetter im Gelände.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters, bei dem Flüssiggas in der Flüssigphase aus dem Flüssiggasbehälter oder einem Extrabehalter in einen räumlich getrennten Verdampfungsbehälter gebracht wird, in dem das Flüssiggas durch Wärmezufuhr in die gasförmige Phase überführt wird und von dem anschließend Flüssiggas in der gasförmigen Phase in den zu prüfenden Flüssiggasbehälter (rück)geführt wird und dort zu einer Drucksteigerung bis zum Prüfdruck führt, dadurch gekennzeichnet, daß die gasförmige Phase des Flüssiggases im Verdampfungsbehälter durch Wärmezufuhr auf einen Druck oberhalb des Prüfdruckes gebracht wird, wobei die gasförmige Phase des Flüssiggases über eine vorzugsweise in der Nähe des Verdampfungsbehälters angeordnete Drosseleinrichtung aus diesem ausströmt und als überhitztes Gas dem Flüssiggasbehälter zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Verdampfungsbehälter um 10 % bis 30 %, vorzugsweise etwa 20 % über dem Prüfdruck liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Verdampfungsbehälter zwischen 12 bar und 18 bar, vorzugsweise zwischen 14 bar und 16 bar liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Verdampfungsbehälter auf ein vorzugsweise einstellbares Druckniveau geregelt wird und vorzugsweise während der Drucksteigerung im Flüssiggasbehälter auf diesem Druckniveau gehalten wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckregelung über eine vom Druck im Verdampfungsbehälter abhängige Regelung der dem Verdampfungsbehälter zugeführten Wärme erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Drossel-einrichtung ein elektrisch ansteuerbares Regelventil umfaßt, und daß der Druck im Flüssiggasbehälter durch Verstellen dieses Regelventils gemäß einem voreinstellbaren bzw. vorprogrammierbaren Verlauf bis zum Prüfdruck gesteigert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die gasförmige Phase des Flüssiggases ohne weitere Wärmezufuhr und ohne weitere Druckerhöhung vom Verdampfungsbehälter dem Flüssiggasbehälter zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß während der Drucksteigerung im Flüssiggasbehälter - wie an sich bekannt - eine Schallemissionsmessung und -analyse vorgenommen wird.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem Verdampfer ausströmende Gas überhitzt ist und daß dessen Überhitzungstemperatur derart voreingestellt wird, daß eine Rückkondensation ausgeschlossen ist.
10. Verfahren zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters, bei dem Flüssiggas in der Flüssigphase aus dem Flüssiggasbehälter oder einem Extrabehälter in einen räumlich getrennten Verdampfungsbehälter gebracht wird, in dem das Flüssiggas durch Wärmezufuhr in die gasförmige Phase überführt wird und von dem anschließend Flüssiggas in der gasförmigen Phase in den zu prüfenden Flüssiggasbehälter (rück)geführt wird und dort zu einer Drucksteigerung auf den Prüfdruck führt, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn der Drucksteigerung vom Flüssiggasbehälter eine vorbestimmte Menge an Flüssiggas in der flüssigen Phase in den Verdampfungsbehälter umpumpt wird und erst nach Abschluß dieses Umpumpens die Drucksteigerung im Flüssiggasbehälter begonnen wird.
11. Verfahren zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters, bei dem Flüssiggas in der Flüssigphase aus dem Flüssiggasbehälter oder einem Extrabehälter in einen räumlich getrennten Verdampfungsbehälter gebracht wird, in dem das Flüssiggas durch Wärmezufuhr in die gasförmige Phase überführt wird und von dem anschließend Flüssiggas in der gasförmigen Phase in den zu prüfenden Flüssiggasbehälter (rück)geführt wird und dort zu einer Drucksteigerung auf den Prüfdruck führt, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufheizung des Verdampfers direkt oder über einen Wärmetauscher - wie an sich bekannt - mittels einer Gasheizung erfolgt und daß das Heizgas für die Gasheizung aus dem Verdampfungsbehälter oder dem Flüssiggasbehälter entnommen wird.
12. Einrichtung zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters mit einem von diesem räumlich getrennten, mit einer Heizeinrichtung ausgestatteten Verdampfungsbehälter und mit mindestens einer Verbindungsleitung zwischen den Behältern, dadurch gekennzeichnet, daß in eine vorzugsweise in der Nähe des Verdampfungsbehälters liegenden Abschnitt (15) der Verbindungsleitung (15, 16) eine gesonderte Drosseleinrichtung (12) angeordnet ist.
13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosseleinrichtung ein elektrisch ansteuerbares Regelventil (12), insbesondere Proportionalventil umfaßt.
14. Einrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine programmierbare Steuereinrichtung (21) zum Ansteuern des Regelventils (12) derart, daß der Druck im Flüssiggasbehälter (1) gemäß einem voreinstellbaren bzw. vorprogrammierbaren Verlauf steigt.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch eine Regeleinrichtung (21) zum Regeln des Drucks im Verdampfungsbehälter (11) auf ein voreinstellbares, vorzugsweise konstantes Druckniveau.
- 5 16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (21) Istwertsignale von einem Druckgeber (13) im bzw. am Verdampfungsbehälter (11) empfängt und in Abhängigkeit davon die Heizeinrichtung (23) steuert.
- 10 17. Einrichtung zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters mit einem von diesem räumlich getrennten, mit einer Heizeinrichtung ausgestatteten Verdampfungsbehälter und mit mindestens einer Verbindungsleitung zwischen den Behältern, insbesondere nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß in der Verbindungsleitung (15, 16) eine Pumpe (14) zum Pumpen von Flüssiggas in der flüssigen Phase aus dem Flüssiggasbehälter (1) in den Verdampfungsbehälter (11) angeordnet ist, wobei ein von Ventilen (6, 8) aktivierbarer Bypass zur Pumpe (14) vorgesehen ist, über den Flüssiggas in der gasförmigen Phase vom Verdampfungsbehälter (11) in den Flüssiggasbehälter (1) strömt.
- 15 18. Einrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest abschnittsweise nur eine einzige Verbindungsleitung zum Flüssiggastransport vom Flüssiggasbehälter (1) zum Verdampfungsbehälter (11) und umgekehrt vorgesehen ist.
- 20 19. Einrichtung zur Druckprüfung eines Flüssiggasbehälters mit einem von diesem räumlich getrennten, mit einer Heizeinrichtung ausgestatteten Verdampfungsbehälter und mit mindestens einer Verbindungsleitung zwischen den Behältern, insbesondere nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizgasversorgungsleitung der als Gasheizung ausgeführten Heizeinrichtung (23) mit dem Verdampfungsbehälter oder dem Flüssiggasbehälter in Verbindung steht.
- 25 20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß am Flüssiggasbehälter - wie an sich bekannt - zumindest ein Schallaufnehmer (7) einer Schallemissionsmeß- und analyseneinrichtung (19, 29) angeordnet ist.

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

30

35

40

45

50

55

