



(10) **DE 10 2016 014 927 A1** 2017.07.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 014 927.2**

(22) Anmeldetag: **15.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **06.07.2017**

(51) Int Cl.: **F17C 7/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

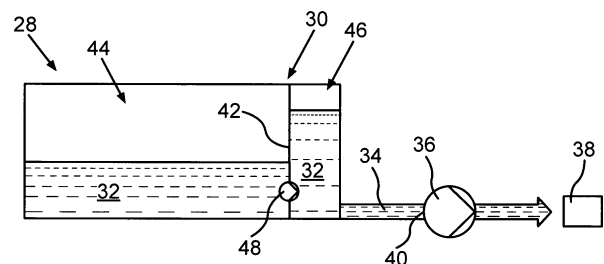
**Guerlich, Christian, Dr. rer. nat., 71364 Winnenden, DE; Kok, Wilhelmus, Dipl.-Ing., 71384 Weinstadt, DE; Zuschlag, Axel, Dipl.-Ing. (FH), 70825 Korntal-Münchingen, DE; Maus, Steffen, Dr.-Ing., 72766 Reutlingen, DE; Krause, Steffen, 73663 Berglen, DE**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffsystem mit einem Tank zum Speichern von Flüssiggas als Kraftstoff**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffsystem (28), insbesondere für einen Kraftwagen, mit einem Tank (30) zum Speichern von Flüssiggas (32) als Kraftstoff, und mit einer Pumpeinrichtung (36) zum Fördern des Flüssiggases (32) zu einer Verbrennungskraftmaschine (38), insbesondere des Kraftwagens. Das Kraftstoffsystem (28) umfasst Mittel (48) zum Erhöhen eines Drucks des Flüssiggases (32) zumindest in einem Bereich des Kraftstoffsystems (28), welcher mit einer Saugseite (40) der Pumpeinrichtung (36) fluidisch gekoppelt ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffsystem mit einem Tank zum Speichern von Flüssiggas als Kraftstoff und mit einer Pumpeinrichtung zum Fördern des Flüssiggases zu einer Verbrennungskraftmaschine.

**[0002]** Zukünftig wird es immer mehr Fahrzeuge geben, welche mit tiefkalten Kraftstoffen in Form von Flüssiggas betrieben werden. Beispielsweise kommt als solcher flüssiger, tiefkalter Kraftstoff Flüssigerdgas beziehungsweise LNG (LNG, liquefied natural gas, verflüssigtes natürliches Gas) zum Einsatz, welches überwiegend aus Methan besteht. Im Folgenden wird insbesondere der Begriff LNG stellvertretend für flüssige tiefkalte Kraftstoffe verwendet, also für Flüssiggas, welches nur bei sehr niedrigen Temperaturen in der Flüssigphase vorliegt. Betrachtet man die Temperatur in einem Tank zum Speichern von LNG, in welchem LNG in der flüssigen Phase vorliegt, dann liegt diese Temperatur beispielsweise bei etwa  $-160$  Grad Celsius, sofern in dem Tank Umgebungsdruck herrscht. Insbesondere bei derart niedrigen Drücken muss also die Temperatur des LNC besonders gering sein, damit sich das LNG unterhalb des Siedepunkts befindet. Eine Speicherung des LNG bei niedrigen Drücken stellt jedoch für das Kraftstoffsystem neue Herausforderungen dar.

**[0003]** Zur Erläuterung dieser Herausforderungen wird auf die **Fig. 1** verwiesen, welche stark schematisiert ein Kraftstoffsystem **10** mit einem Tank **12** zum Speichern von Flüssiggas **14** etwa in Form von LNG zeigt. Der Tank **12** des Kraftstoffsystems **10** ist in der Regel sehr gut isoliert, etwa indem der Tank **12** doppelwandig ausgeführt ist und sich zwischen den Wänden ein Vakuum herrscht. Des Weiteren kann zur Isolierung des Tanks **12** ein Hitzeschild vorgesehen sein. In den Tank **12** wird das kalte Flüssiggas **14** getankt und zwar meist bei einer Temperatur von etwa  $-130$  Grad Celsius und einem Druck von etwa 8 bar. In dem Tank **12** bildet sich dann ein thermodynamisches Gleichgewicht entlang einer Siedelinie **16**, welche in **Fig. 2** in einem Druck-Enthalpie-Diagramm **18** beispielhaft für Methan veranschaulicht ist.

**[0004]** Gemäß **Fig. 2** liegt links der Siedelinie **16** das Methan in der flüssigen Phase vor und rechts einer Taulinie **20** in der Gasphase, also als Dampf. Die Siedelinie **16** und die Taulinie **20** begrenzen einen Nassdampfbereich **22**, in welchem mit zunehmender Enthalpie  $E$  der Flüssigkeitsgehalt des Dampfes ansteigt. Im Nassdampfbereich **22** verlaufen die Isothermen parallel zu einer Abszisse des Druck-Enthalpie-Diagramms **18**, weil hier eine Wärmeaufnahme zum Überführen von zunehmend mehr Methan aus der flüssigen Phase in die Dampfphase oder Gasphase führt. Die Enthalpie  $E$  ist in  $\text{KJ/kg}$  auf der Abszisse aufgetragen, und der Druck  $P$  logarithmisch in bar auf einer Ordinate des Druck-Enthalpie-Diagramms **18**.

**[0005]** Das kalte Flüssiggas **14** beziehungsweise LNG wird in dem Tank **12** gelagert und erwärmt sich aufgrund der sehr guten Isolierung des Tanks üblicherweise lediglich minimal. Mit dem Ansteigen der Temperatur steigt bei dem Flüssiggas **14**, welches sich im Hinblick auf den thermodynamischen Zustand auf der Siedelinie **16** befindet, jedoch auch der Druck  $P$  leicht an.

**[0006]** Unmittelbar nach dem Betanken des Tanks **12** an einer Tankstelle liegt in dem Tank **12** dann das Flüssiggas **14** beispielsweise bei einem Druck  $P$  von 8 bar und einer Temperatur von  $-130$  Grad Celsius vor. Für derartige Kraftstoffsysteme **10** wäre eine Betankung bei  $-145$  Grad Celsius und etwa 3 bar wünschenswert. Jedoch sind viele Tankstellen, an welchen LNC bereitgestellt wird, auf ein Kraftstoffsystem **10** mit 8 bar ausgelegt, und nur einige Tankstellen liefern das LNG mit einem Druck von 3 bar.

**[0007]** Über die Zeit erwärmt sich das also LNC im Tank **12**, und damit steigt auch der Druck im Tank **12**. Bei einem Druck  $P$  von 16 bar öffnet dann ein (vorliegend nicht gezeigtes) Sicherheitsventil, welches den Druck ablässt. Dadurch fällt jedoch nicht nur der Druck, sondern auch die Temperatur ganz leicht. Ein weiteres Erwärmen führt zu einer Wiederholung einer derartigen Druckverminderung. Wenn ein das Kraftstoffsystem **10** aufweisendes Fahrzeug steht, können Zeiträume von etwa 7 bis 10 Tagen erreicht werden, bis das Druckventil öffnet. Vom Gesetzgeber ist derzeit vorgeschrieben, dass das Sicherheitsventil beziehungsweise Druckventil erst nach frühestens fünf Tagen öffnet. Wenn jedoch in den Tank **12** kaltes LNG nachgetankt wird, so wird das System wieder gekühlt, und das sich daran anschließende Erwärmen und Ablassen des Drucks beginnt von neuem.

**[0008]** Ein derartiges Kraftstoffsystem **10** ist insbesondere für den Einsatz in einem Nutzfahrzeug von Interesse, da bei Nutzfahrzeugen die Standzeiten sehr gering sind. Dies führt dazu, dass das Kraftstoffsystem **10** im Betrieb nicht an die Druckgrenze herankommt. Vielmehr bleibt das Kraftstoffsystem **10**, bei welchem Flüssiggas **14** aufgrund des Fahrens verbraucht wird und Flüssiggas **14** nachgetankt wird, und bei welchem sich zudem das Flüssiggas **14** in dem Tank **12** erwärmt, in einem Bereich von Temperaturen und Drücken in etwa um die Siedelinie **16** dynamisch stabil. Das Kraftstoffsystem **10** pendelt sich so durch Nachtanken von LNG um den Grenzwert des Drucks ein, welchen das Sicherheitsventil beziehungsweise Druckventil vorgibt. Das Flüssiggas **14** oder LNG wird also üblicherweise bei tiefen Temperaturen unter  $-80$  Grad Celsius bei dementsprechend vergleichsweise niedrigen Drücken gespeichert, und es pendelt sich im Phasengleichgewicht ein, entsprechend der Siedelinie **16**.

**[0009]** Um ein Fahrzeug wie etwa einen Lastkraftwagen oder einen Personenkraftwagen mit dem LNG betreiben zu können, muss das LNG vom Tank **12** zu einem Motor **24** beziehungsweise einer Verbrennungskraftmaschine des Fahrzeugs gepumpt und hierbei auf ein höheres Druckniveau gebracht werden. Aus energetischer Sicht ist es hierbei sinnvoll, das LNG in der Flüssigphase auf das höhere Druckniveau zu bringen. Eine hierfür vorgesehene Pumpe **26** (vergleiche **Fig. 1**) kann dabei komplett im Tank **12** angeordnet sein. Auch kann sich ein Pumpenkopf der Pumpe **26** im Tank **12** befinden und der Antrieb der Pumpe **26** außerhalb des Tanks **12**.

**[0010]** Alternativ kann auch die Pumpe **26**, wie in **Fig. 1** beispielhaft gezeigt, komplett außerhalb des Tanks **12** angeordnet sein. Des Weiteren ist es möglich, zwei Pumpen zu verwenden, nämlich eine Vorförderpumpe und eine Hauptpumpe. Auch diese Pumpen können entsprechend den vorstehend beschriebenen Varianten in dem Kraftstoffsystem **10** angeordnet sein.

**[0011]** Vorliegend soll nun der Fall betrachtet werden, bei dem die Pumpe **26** zum Fördern des Flüssiggases **14** zu dem Motor **24** außerhalb des Tanks **12** angeordnet ist. Bei der Pumpe **26** kann es vom Bauprinzip her erforderlich sein, dass die Pumpe **26** einen gewissen Vordruck benötigt, um anlaufen zu können. Da der Tank **12** für das LNC üblicherweise bereits an der tiefsten Stelle des Fahrzeugs angebracht ist und in manchen Fällen nicht unter Druck steht, ergibt sich das Problem einer geeigneten Erzeugung eines Vordrucks für die Pumpe **26**. Hierfür kann die Vorförderpumpe eingesetzt werden. Alternativ kann die Pumpe **26** so ausgelegt werden, dass die Pumpe **26** keinen Vordruck benötigt. Beides geht jedoch mit erhöhten Kosten einher.

**[0012]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Kraftstoffsystem der eingangs genannten Art zu schaffen.

**[0013]** Diese Aufgabe wird durch ein Kraftstoffsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Kraftstoffsystem, welches insbesondere für einen Kraftwagen vorgesehen sein kann, umfasst einen Tank zum Speichern von Flüssiggas als Kraftstoff und eine Pumpeinrichtung zum Fördern des Flüssiggases zu einer Verbrennungskraftmaschine. Wenn das Kraftstoffsystem in dem Kraftwagen zum Einsatz kommt, fördert die Pumpeinrichtung das Flüssiggas zu der Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens. Das Kraftstoffsystem umfasst Mittel zum Erhöhen eines Drucks zumindest in einem Bereich des Kraftstoffsys-

tems, welcher mit einer Saugseite der Pumpeinrichtung fluidisch gekoppelt ist. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass auf diese Weise das Auftreten von Kavitäten in dem Bereich unterbunden werden kann, welche anderenfalls im Betrieb der Pumpeinrichtung auftreten können. Denn beim Pumpen kommt es auf der Saugseite der Pumpeinrichtung immer zu einer Druckverminderung. Wenn sich das zu pumpende Medium, vorliegend also das Flüssiggas beziehungsweise LNG, an der Phasengrenze, nämlich an der Siedelinie **16** (vergleiche **Fig. 2**) befindet, so führt eine Druckverminderung dazu, dass der Siedepunkt des Flüssiggases überschritten wird. Dies muss für einen ordnungsgemäßen Betrieb der Pumpeinrichtung verhindert werden.

**[0015]** Möglich ist es zwar, eine Pumpeinrichtung mit nur einer sehr geringen Saugleistung vorzusehen, damit nur eine sehr kleine Druckverminderung auf der Saugseite der Pumpeinrichtung auftritt. Eine derartige Druckverminderung etwa im Bereich von wenigen Millibar führt nicht unmittelbar dazu, dass es in größerem Ausmaß zu einem Überschreiten der Siedetemperatur des Flüssiggases kommt. Jedoch ist ein derartiger Betrieb der Pumpeinrichtung nicht immer wünschenswert oder machbar.

**[0016]** Vorliegend kommen daher die Mittel zum Erhöhen des Drucks des Flüssiggases zum Einsatz. Durch den Einsatz dieser Mittel wird das Flüssiggas quasi weg von der Siedelinie **16** (vergleiche **Fig. 2**) geführt. Eine solche Druckerhöhung zumindest eines Teilvolumens des Flüssiggases bewirkt (ebenso wie eine zusätzlich oder alternativ mögliche Temperaturerniedrigung des Teilvolumens), dass an der Saugseite der Pumpeinrichtung dann stets das Flüssiggas in der Flüssigphase zur Verfügung steht. Entsprechend kann dann das Kraftstoffsystem beispielsweise in einem als Lastkraftwagen ausgebildeten Kraftwagen so ausgeführt werden, dass die Pumpeinrichtung sich auf der Höhe des Kraftstofftanks befindet und dennoch keine Vorförderpumpe erforderlich ist. Des Weiteren braucht die Pumpeinrichtung nicht so ausgeführt zu werden, dass sie ohne Vordruck anlaufen kann. Folglich ist ein besonders einfaches und verbessertes Kraftstoffsystem geschaffen.

**[0017]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der Tank eine erste Speichereinheit zum Speichern des Flüssiggases und eine zweite Speichereinheit zum Speichern des Flüssiggases. Hierbei ist mittels einer weiteren Pumpeinrichtung Flüssiggas aus der ersten Speichereinheit in die zweite Speichereinheit förderbar, und die zweite Speichereinheit ist mit der Saugseite der Pumpeinrichtung fluidisch gekoppelt. Es kann also aus der ersten Speichereinheit mittels der weiteren Pumpeinrichtung Flüssiggas in die zweite Speichereinheit gepumpt werden. Durch das partielle Anheben eines Flüssiggasspiegels in dem Tank, nämlich durch das Anheben des Flüss-

siggasspiegels in der zweiten Speichereinheit, kann der gewünschte Vordruck für die Pumpeinrichtung erzeugt werden, welche das Flüssiggas zu der Verbrennungskraftmaschine fördert.

**[0018]** Der Tank kann hierfür mittels eines Trennelements in die erste Speichereinheit und die zweite Speichereinheit unterteilt sein. Alternativ können auch zwei getrennte Tanks die erste Speichereinheit und die zweite Speichereinheit bereitstellen. Der Vorteil einer derartigen Aufteilung des Tanks in zwei separate Speichereinheiten beziehungsweise zwei getrennte Teilvolumina liegt insbesondere darin, dass so die zweite Speichereinheit besonders leicht und besonders gut thermisch isoliert werden kann. Zudem kann die weitere Pumpeinrichtung zum Fördern des Flüssiggases aus der ersten Speichereinheit in die zweite Speichereinheit so besonders gut gekühlt werden. Des Weiteren ergibt sich durch Mengenerhöhung ein geschlossenes Teiltankvolumen.

**[0019]** Zusätzlich oder alternativ kann der Tank mittels eines Trennelements in ein erstes Teilvolumen und in ein zweites Teilvolumen unterteilt sein. Hierbei ist in dem Tank wenigstens eine Kühleinrichtung angeordnet, welche zum Kühlen des Flüssiggases in dem zweiten Teilvolumen ausgebildet ist. Das zweite Teilvolumen ist hierbei mit der Saugseite der Pumpeinrichtung fluidisch gekoppelt.

**[0020]** Mittels der wenigstens einen Kühleinrichtung können also lokale Temperaturunterschiede zwischen dem ersten Teilvolumen und dem zweiten Teilvolumen des Flüssiggases realisiert werden. Durch das Abkühlen des zweiten Teilvolumens befindet sich dieses zweite Teilvolumen des Flüssiggases auch bei konstantem Druck beziehungsweise bei gleichem Druck wie das erste Teilvolumen aufgrund der kälteren Temperatur weiter weg von der Siedelinie **16** (vergleiche **Fig. 2**). Insofern führt das Abpumpen von Flüssiggas aus dem zweiten Teilvolumen nicht zum Auftreten von Kavitäten auf der Saugseite der Pumpeinrichtung.

**[0021]** Hierbei ist insbesondere von Bedeutung, dass das zweite Teilvolumen selbst bei gleichem Druck aber niedrigerer Temperatur weiter von der Siedelinie **16** (vergleiche **Fig. 2**) entfernt ist, als dies für den gesamten Tank ohne einen Temperaturunterschied zwischen dem ersten Teilvolumen und dem zweiten Teilvolumen der Fall wäre. Dadurch lässt sich das Flüssiggas verbessert mittels der Pumpeinrichtung ansaugen.

**[0022]** Vorzugsweise ist die wenigstens eine Kühleinrichtung als Peltierelement ausgebildet. Hierbei ist eine im Betrieb des Peltierelements warme Seite des Peltierelements dem ersten Teilvolumen zugewandt und eine im Betrieb des Peltierelements kalte Seite des Peltierelements dem zweiten Teilvolu-

men zugewandt. Insbesondere kann das Peltierelement an dem Trennelement angeordnet sein. Mittels eines solchen Peltierelements lassen sich die lokalen Temperaturunterschiede besonders einfach erzeugen, vor allem da bei dieser internen Anordnung des Peltierelements nicht gegen die Umgebungstemperatur gekühlt zu werden braucht, sondern gegen das ebenfalls sehr kalte Flüssiggas im ersten Teilvolumen. Dadurch lassen sich auch besonders kleine beziehungsweise schwache Peltierelemente gut einsetzen.

**[0023]** Vorzugsweise weist das Trennelement wenigstens einen Durchlass auf, über welchen in einer Gasphase vorliegendes Flüssiggas und/oder in einer Flüssigphase vorliegendes Flüssiggas aus dem ersten Teilvolumen in das zweite Teilvolumen gelangen kann. Hierbei führen bevorzugt die, insbesondere mittels des Peltierelements bewirkten, Temperaturunterschiede zwischen dem ersten Teilvolumen und dem zweiten Teilvolumen zu einem Verdampfen von Flüssiggas im ersten Teilvolumen und zu einem Kondensieren von Flüssiggas im zweiten Teilvolumen. Somit steigt einerseits der Flüssiggasspiegel beziehungsweise Pegel in dem zweiten Teilvolumen an. Des Weiteren wird das zweite Teilvolumen aus dem ersten Teilvolumen nachgefüllt, insbesondere nachdem mittels der Pumpeinrichtung Flüssiggas aus dem zweiten Teilvolumen entnommen wurde.

**[0024]** Der Durchlass kann jedoch auch in einem unteren Bereich des Trennelements angeordnet sein, also in einem Bereich des Tanks, in welchem das Flüssiggas in der Flüssigphase vorliegt. Auf diese Weise kann dann das in der Flüssigphase vorliegende Flüssiggas aus dem ersten Teilvolumen in das zweite Teilvolumen gelangen, ohne dass es hierfür zu einer Kondensation kommt. Der wenigstens eine Durchlass ist bevorzugt so bemessen, dass zwar ein Nachlaufen beziehungsweise Übertreten von Flüssiggas aus dem ersten Teilvolumen in das zweite Teilvolumen ermöglicht ist, ein freier Austausch zwischen den Teilvolumina jedoch unterbunden ist. Dann kann nämlich das zweite Teilvolumen gezielt gekühlt werden, sodass besonders kaltes Flüssiggas an der Saugseite der Pumpeinrichtung zur Verfügung gestellt werden kann.

**[0025]** Zusätzlich oder alternativ kann ein Volumen des Tanks, welches zum Speichern des Flüssiggases vorgesehen ist, veränderbar sein. Beispielsweise kann zum Verändern des zum Speichern des Flüssiggases vorgesehenen Volumens ein das Volumen begrenzendes Wandelement verformbar ausgebildet sein. Zusätzlich oder alternativ kann das Wandelement in dem Tank verschiebbar ausgebildet sein. Vorzugsweise ist das Wandelement als in dem Tank angeordnete Membran ausgebildet. Des Weiteren kann das Wandelement durch einen in dem Tank an-

geordneten Ballon bereitgestellt sein, welcher über eine Medienleitung mit einem Medium befüllt werden kann.

**[0026]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

**[0027]** Dabei zeigen:

**[0028]** Fig. 1 ein Kraftstoffsystem gemäß dem Stand der Technik;

**[0029]** Fig. 2 ein Druck-Enthalpie-Diagramm von Methan;

**[0030]** Fig. 3 schematisch ein Kraftstoffsystem für einen Kraftwagen, bei welchem ein Kraftstofftank in eine erste Speichereinheit und eine zweite Speichereinheit unterteilt ist und eine Pumpe Flüssiggas aus der ersten Speichereinheit in die zweite Speichereinheit fördert;

**[0031]** Fig. 4 eine Variante des Kraftstoffsystems, bei welcher mittels eines Peltierelements in einem Teilvolumen des Tanks ein erhöhter Flüssiggasspiegel eingestellt wird;

**[0032]** Fig. 5 schematisch das Erzeugen eines Vordrucks für die Pumpe durch ein sich in dem Tank befindendes Druckgefäß mit einer Membran, wobei das Druckgefäß in Fig. 5 ein vergrößertes Volumen aufweist; und

**[0033]** Fig. 6 die Variante des Kraftstoffsystems gemäß Fig. 5, wobei Druckluft aus dem Druckgefäß gegenüber dem in Fig. 5 gezeigten Zustand abgelassen ist.

**[0034]** Zur Erläuterung der die Fig. 1 und Fig. 2 betreffenden Sachverhalte wird auf die Ausführungen im einleitenden Teil der vorliegenden Beschreibung verwiesen.

**[0035]** Fig. 3 zeigt stark schematisiert ein Kraftstoffsystem 28 für einen Kraftwagen, bei welchem es sich um einen Personenkraftwagen und insbesondere um ein Nutzfahrzeug handeln kann. Das Kraftstoffsystem 28 umfasst einen Tank 30 zum Speichern von Flüssiggas 32, bei welchem es sich insbesondere um LNG (liquefied natural gas, Flüssigerdgas) handeln

kann. Der Tank 30 ist über eine Leitung 34 mit einer Pumpe 36 verbunden, welche das Flüssiggas 32 zu einer Verbrennungskraftmaschine beziehungsweise einem Motor 38 oder Gasmotor des Kraftwagens fördert.

**[0036]** Um ein Auftreten von Kavitäten beim Pumpen des Flüssiggases 32 mittels der Pumpe 36 zu vermeiden, weist das Kraftstoffsystem 28 Mittel zur Druckerzeugung beziehungsweise zum Erhöhen eines Drucks des Flüssiggases 32 im Tank 30 beziehungsweise stromaufwärts der Pumpe 36 auf. Aufgrund des Erzeugens eines solchen Vordrucks in dem zu pumpenden Medium wird das von der Pumpe 36 angesaugte Flüssiggas 32 in einen thermodynamischen Zustand verbracht, welcher in dem Druck-Enthalpie-Diagramm 18 gemäß Fig. 2 in einem Bereich links neben der Siedelinie 16 zu liegen kommt. Gegenüber dieser Siedelinie 16 wird also ein Vordruck in dem Flüssiggas 32 erzeugt, welcher dazu führt, dass die Pumpe 36 das Flüssiggas 32 nicht aus dem Tank 30 anziehen muss. Mit anderen Worten erzeugt die Pumpe 36 keinen derartigen Unterdruck stromaufwärts einer Saugseite 40 der Pumpe 36, dass dieser lokale Unterdruck zu einem Sieden beziehungsweise Aufkochen des Flüssiggases 32 führt. Aufgrund des erzeugten Vordrucks kann also das Flüssiggas 32 aus dem Tank 30 in der Flüssigphase hin zu der Pumpe 36 gelangen und dann von dort hin zu dem Motor 38 gepumpt werden.

**[0037]** Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein Ansaugen beziehungsweise Anziehen eines Mediums mittels der Pumpe 36 mit einem lokalen Unterdruck geschieht. Dies kann bei dem Flüssiggas 32 beziehungsweise LNG, also insbesondere bei tiefgekühltem Methan, zu einem Sieden der Flüssigkeit führen. Dies gilt selbst dann, wenn die Temperatur des Flüssiggases 32 unter dem Siedepunkt des Flüssiggases 32 bei dem im Tank 30 herrschenden Druck liegt. Denn der lokale Unterdruck kann dann geringer sein als der Dampfdruck im Tank 30, sodass ein Phasenwechsel ermöglicht ist. Es kann also bei einer lokalen Erniedrigung des Drucks zu Teilverdampfungen des Flüssiggases 32 beziehungsweise LNGs kommen. Dies wird vorliegend jedoch verhindert. Hierfür wird in dem Tank 30 ein Druck aufgebaut, welcher zu einem Fließen des Flüssiggases 32 aus dem Tank 30 hin zu der Pumpe 36 führt.

**[0038]** Gemäß der in Fig. 3 gezeigten Variante des Kraftstoffsystems 28 kann der Tank 30 mittels einer Trennwand 42 in zwei Teilbereiche beziehungsweise zwei Speichereinheiten 44, 46 unterteilt sein. Von der ersten Speichereinheit 44 kann mittels einer weiteren Pumpe 48 Flüssiggas 32 in die zweite Speichereinheit 46 gepumpt werden. Hierbei ist die zweite Speichereinheit 46 mit der Saugseite 40 der Pumpe 36 fluidisch gekoppelt. Durch das Fördern von Flüssiggas 32 in die zweite Speichereinheit 46 kann also der

nötige Vordruck für die Pumpe **36** bereitgestellt werden. Denn das sich in der zweiten Speichereinheit **46** befindende Flüssiggas **32** steht dann unter einem etwas höheren Druck als das Flüssiggas **32** in der ersten Speichereinheit **44**.

**[0039]** Zusätzlich oder alternativ kann, wie in einer Variante des Kraftstoffsystems **28** in **Fig. 4** schematisch gezeigt, in oder an einer Wandung **50** in dem Tank **30**, welche den Tank **30** in ein erstes Teilvolumen **52** und ein zweites Teilvolumen **54** unterteilt, ein Peltierelement **56** angeordnet sein. Die Funktionsweise eines solchen Peltierelements **56** ist hinlänglich bekannt, sodass auf diesbezügliche Ausführungen vorliegend verzichtet wird.

**[0040]** Eine im Betrieb des Peltierelements **56** kalte Seite **58** des Peltierelements **56** ist hierbei dem zweiten Teilvolumen **54** zugewandt. Dementsprechend ist eine im Betrieb des Peltierelements **56** warme Seite **60** des Peltierelements **56** dem ersten Teilvolumen **52** zugewandt. Im Betrieb des Peltierelements **56** wird daher die Wandung **50** auf der Seite des zweiten Teilvolumens **54** so kalt, dass dort in der Gasphase vorliegendes Flüssiggas kondensiert. Entsprechendes Kondensat **62** ist in **Fig. 4** schematisch veranschaulicht. Das Kondensieren von Flüssiggas **32** in dem zweiten Teilvolumen **54** führt dazu, dass sich das zweite Teilvolumen **54** füllt beziehungsweise ein Flüssiggasspiegel oder Pegel in dem zweiten Teilvolumen **54** ansteigt.

**[0041]** Auf der warmen Seite **60** des Peltierelements **56** führt die Wärme hingegen dazu, dass im ersten Teilvolumen **52** Flüssiggas **32** verdampft beziehungsweise in die Gasphase überführt wird. Dieses Gas gelangt über einen in der Wandung **50** oder zwischen der Wandung **50** und einer Deckenwand des Tanks **30** vorgesehenen Durchlass in das zweite Teilvolumen **54** und steht dann im zweiten Teilvolumen **54** zum Kondensieren zur Verfügung. Wenn das zweite Teilvolumen **54** beziehungsweise dieser Tank oder Tankbereich genügend gefüllt ist, kann das Peltierelement **56** abgeschaltet werden. Für die Pumpe **36** steht dann nämlich ein ausreichend hoher Vordruck zur Verfügung.

**[0042]** Anhand von **Fig. 5** und **Fig. 6** soll eine weitere, zusätzlich oder alternativ realisierbare Variante zum Erzeugen des Vordrucks für die Pumpe **36** beziehungsweise LNG-Pumpe erläutert werden. Hierbei ist in dem Tank **30** für das Flüssiggas **32** beziehungsweise LNG durch ein Wandelement in Form einer Membran **64** ein Volumen **66** des Tanks **30** veränderbar, welches zum Speichern des Flüssiggases **32** vorgesehen ist. Beispielsweise kann die Membran **64** ein in dem Tank **30** angeordnetes Druckgefäß **68** begrenzen. Durch Befüllen des Druckgefäßes **68** beispielsweise mit Druckluft aus einem Druckluftsystem des Kraftwagens kann entsprechend die Membran **64**

verformt und/oder innerhalb des Tanks **30** verschoben werden. Die Membran **64** kann aus einem Kunststoff und/oder aus einem Metall bestehen.

**[0043]** In **Fig. 5** ist durch einen Pfeil **70** das Einströmen von beispielsweise Druckluft in das Druckgefäß **68** veranschaulicht. Auf dieser Druckgasseite ist also der Tank **30** beispielsweise mit dem Druckluftsystem einer Bremsenrichtung des Kraftwagens verbunden. Soll also die Pumpe **36** gestartet werden, so wird bevorzugt kurzzeitig der Druck auf der Druckgasseite erhöht. Entsprechend vergrößert sich das Volumen des Druckgefäßes **68**. Dies erhöht den Druck in dem Volumen **66** des Tanks **30**, in welchem sich das Flüssiggas **32** befindet. Dadurch wird auch der stromaufwärts der Saugseite **40** der Pumpe **36** vorliegende Druck in dem Kraftstoffsystem **28** erhöht. Nachdem die Pumpe **36** angelaufen ist beziehungsweise gestartet wurde, kann die Druckgasseite wieder auf Umgebungsdruck gebracht werden.

**[0044]** Dieser Zustand, in welchem das Volumen des Druckgefäßes **68** wieder verringert ist, ist in **Fig. 6** veranschaulicht. Zusätzlich oder alternativ kann zum Verändern des zum Speichern des Flüssiggases **32** vorgesehenen Volumens **66** des Tanks **30** in dem Tank **30** beispielsweise ein Ballon angeordnet sein, welcher von außen mit einem Druckmedium befüllt werden kann. Des Weiteren kann auch ein, insbesondere starres, Wandelement nach Art eines Kolbens innerhalb des Tanks **30** verschoben werden, um das zum Speichern des Flüssiggases vorgesehene Volumen **66** innerhalb des Tanks **30** zu verändern, insbesondere zu verringern.

**[0045]** Insgesamt kann also in dem Kraftstoffsystem **28** das Flüssiggas **32** beziehungsweise LNG auf einem vergleichsweise niedrigen Druckniveau vorliegen. Durch die Mittel zum, insbesondere lokalen, Erhöhen des Drucks des Flüssiggases **32** in dem Tank **30** kann dennoch dafür gesorgt werden, dass der flüssige Kraftstoff beziehungsweise das Flüssiggas **32** nicht von der Pumpe **36** angesaugt zu werden braucht. Vielmehr steht auf der Saugseite **40** der Pumpe **36** das Flüssiggas **32** mit einem leicht erhöhten Druck zur Verfügung, welcher zu einem Fluten der Pumpe **36** mit Flüssiggas **32** vom Tank **30** her führt. Dann braucht die Pumpe **36** das Flüssiggas lediglich weiter zum Motor **38** zu pumpen.

**[0046]** Mehrkosten des Kraftstoffsystems **28** gegenüber dem Kraftstoffsystem **10** (vergleiche **Fig. 1**) etwa für die weitere, interne Pumpe **48** (vergleiche **Fig. 3**), das Peltierelement **56** (vergleiche **Fig. 4**) oder die Membran **64** sowie für eine Vorrichtung zum Ansteuern des Druckgefäßes **68** (vergleiche **Fig. 5**) werden durch den Entfall einer Vorförderpumpe mehr als aufgehoben.

## Bezugszeichenliste

10	Kraftstoffsystem
12	Tank
14	Flüssiggas
16	Siedelinie
18	Druck-Enthalpie-Diagramm
20	Taulinie
22	Nassdampfbereich
24	Motor
26	Pumpe
28	Kraftstoffsystem
30	Tank
32	Flüssiggas
34	Leitung
36	Pumpe
38	Motor
40	Saugseite
42	Trennwand
44	Speichereinheit
46	Speichereinheit
48	Pumpe
50	Wandung
52	Teilvolumen
54	Teilvolumen
56	Peltierelement
58	Seite
60	Seite
62	Kondensat
64	Membran
66	Volumen
68	Druckgefäß
70	Pfeil

## Patentansprüche

1. Kraftstoffsystem, insbesondere für einen Kraftwagen, mit einem Tank (30) zum Speichern von Flüssiggas (32) als Kraftstoff, und mit einer Pumpeinrichtung (36) zum Fördern des Flüssiggases (32) zu einer Verbrennungskraftmaschine (38), insbesondere des Kraftwagens, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftstoffsystem (28) Mittel (48, 56, 64, 68) zum Erhöhen eines Drucks des Flüssiggases (32) zumindest in einem Bereich des Kraftstoffsystems (28) umfasst, welcher mit einer Saugseite (40) der Pumpeinrichtung (36) fluidisch gekoppelt ist.

2. Kraftstoffsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tank (30) ein erste Speichereinheit (44) zum Speichern des Flüssiggases (32) und eine zweite Speichereinheit (46) zum Speichern des Flüssiggases (32) umfasst, wobei mittels einer weiteren Pumpeinrichtung (48) Flüssiggas (32) aus der ersten Speichereinheit (44) in die zweite Speichereinheit (46) förderbar ist, und wobei die zweite Speichereinheit (46) mit der Saugseite (40) der Pumpeinrichtung (36) fluidisch gekoppelt ist.

3. Kraftstoffsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tank mittels eines Trennelements (50) in ein erstes Teilvolumen (52) und in ein zweites Teilvolumen (54) unterteilt ist, wobei in dem Tank (30) wenigstens eine Kühleinrichtung (56) angeordnet ist, welche zum Kühlen des Flüssiggases (32) in dem zweiten Teilvolumen (54) ausgebildet ist, und wobei das zweite Teilvolumen (54) mit der Saugseite (40) der Pumpeinrichtung (36) fluidisch gekoppelt ist.

4. Kraftstoffsystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Kühleinrichtung als, insbesondere an dem Trennelement (50) angeordnetes, Peltierelement (56) ausgebildet ist, wobei eine im Betrieb des Peltierelements (56) warme Seite (60) des Peltierelements (56) dem ersten Teilvolumen (52) zugewandt ist und eine im Betrieb des Peltierelements (56) kalte Seite (58) des Peltierelements (56) dem zweiten Teilvolumen (54) zugewandt ist.

5. Kraftstoffsystem nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trennelement (50) wenigstens einen Durchlass aufweist, über welchen in einer Gasphase vorliegendes Flüssiggas (32) und/oder in einer Flüssigphase vorliegendes Flüssiggas (32) aus dem ersten Teilvolumen (52) in das zweite Teilvolumen (54) gelangen kann.

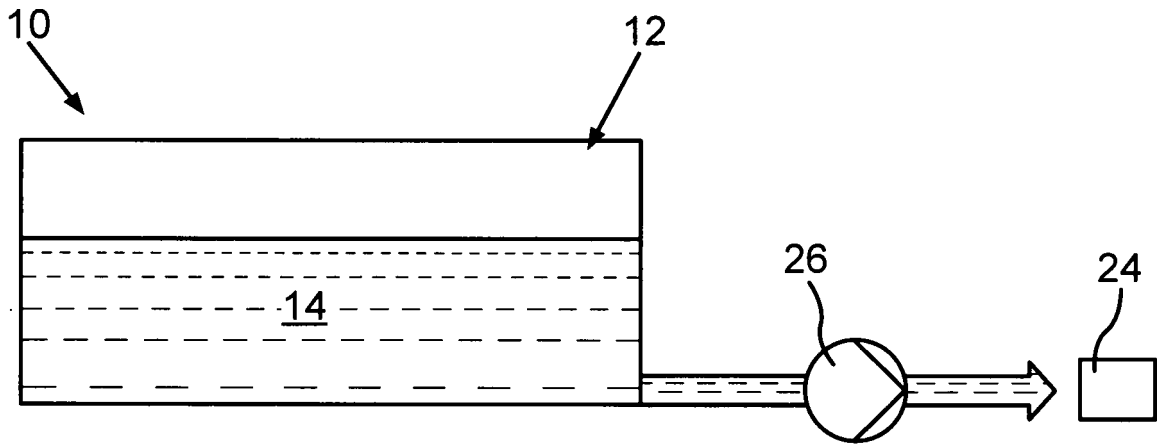
6. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Volumen (66) des Tanks (30), welches zum Speichern des Flüssiggases (32) vorgesehen ist, veränderbar ist.

7. Kraftstoffsystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Verändern des zum Speichern des Flüssiggases (32) vorgesehen Volumens (66) ein das Volumen begrenzendes Wandelement (64) verformbar ausgebildet und/oder in dem Tank (30) verschiebbar ausgebildet ist.

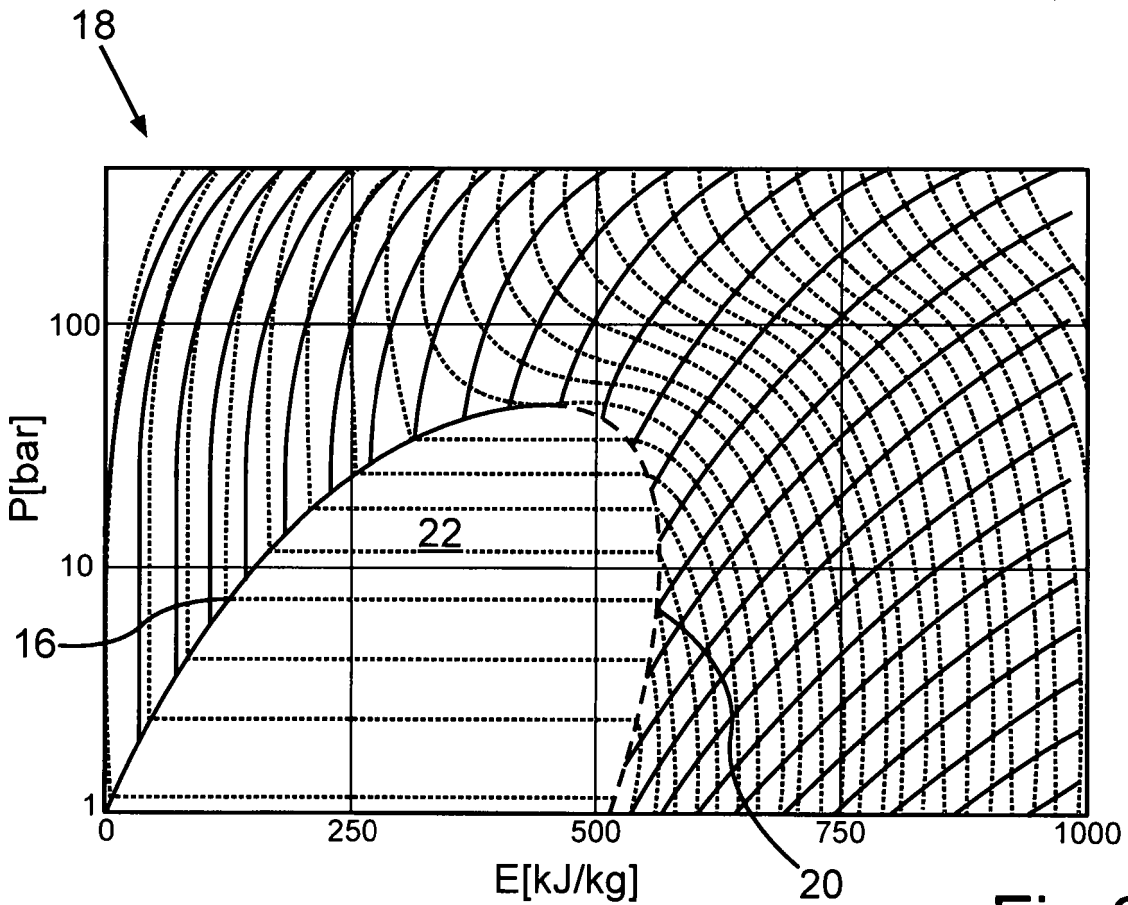
8. Kraftstoffsystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wandelement als in dem Tank (30) angeordnete Membran (64) ausgebildet und/oder durch einen in dem Tank (30) angeordneten Ballon bereitgestellt ist, welcher über eine Medienleitung mit einem Medium befüllbar ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**Fig.1**  
(Stand der Technik)



**Fig.2**



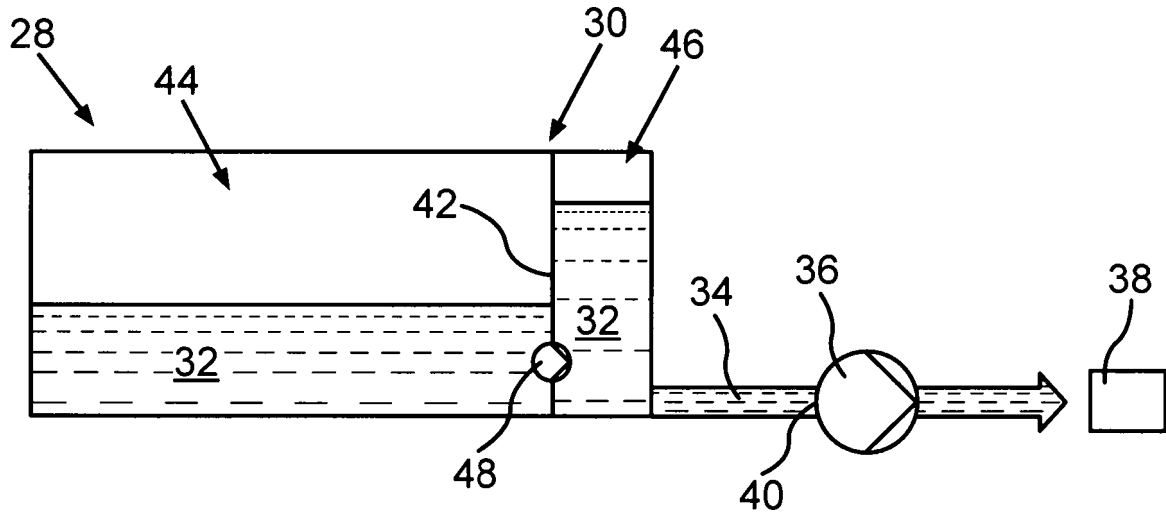


Fig.3

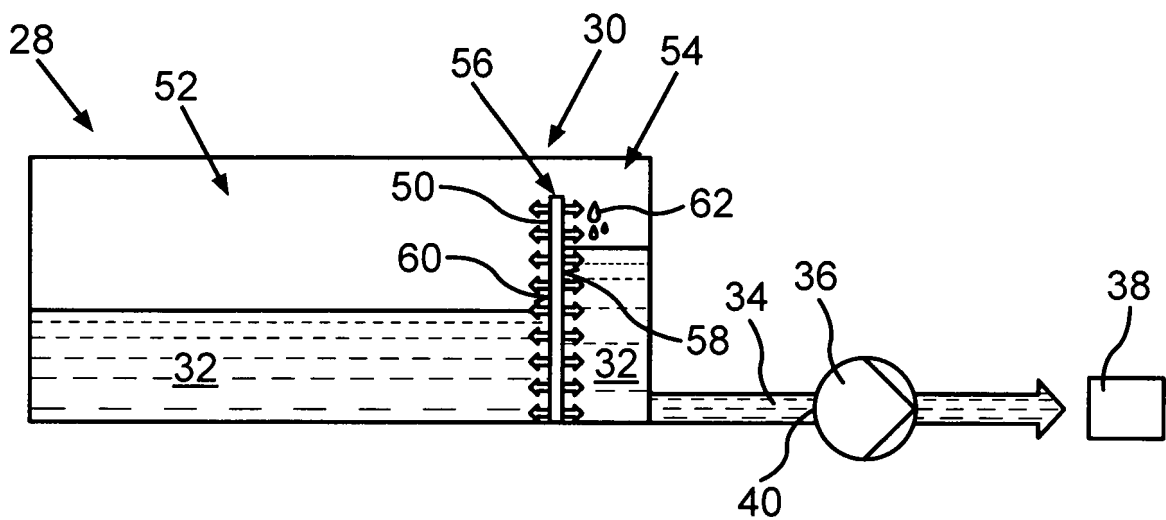


Fig.4

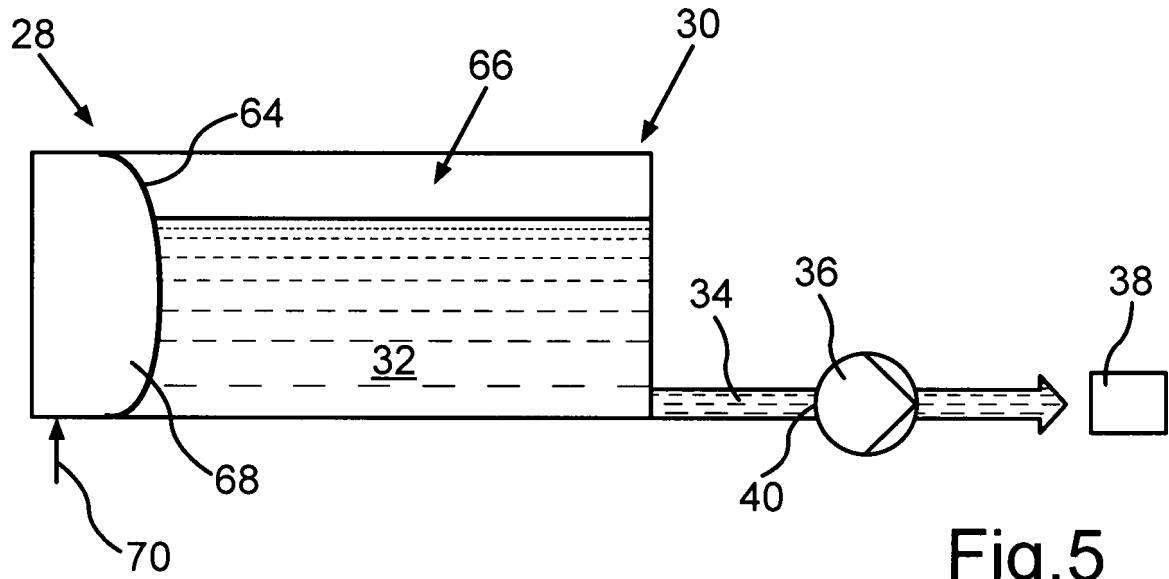


Fig. 5

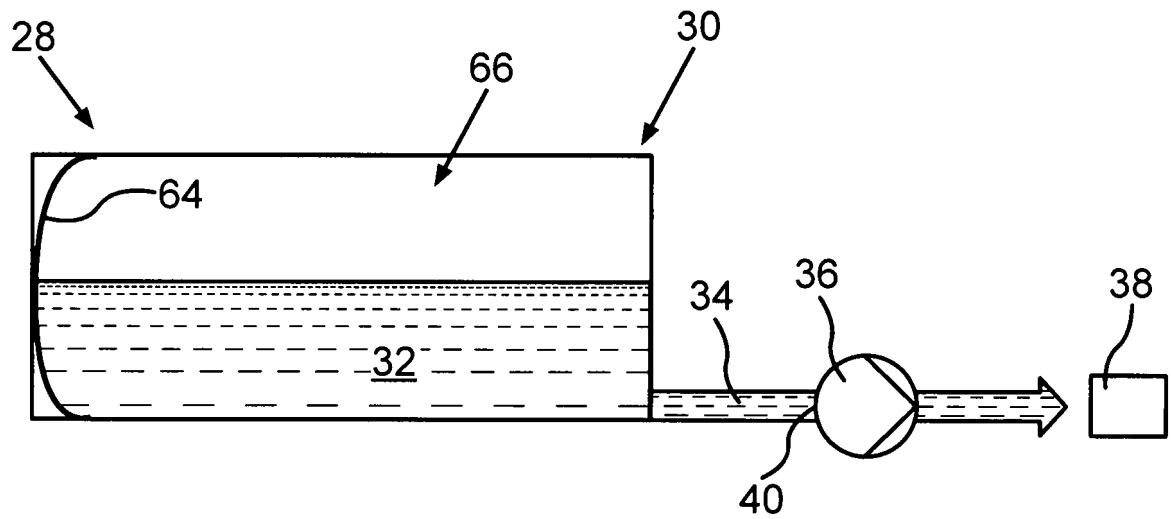


Fig. 6