

(19)



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

**AT 408 131 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

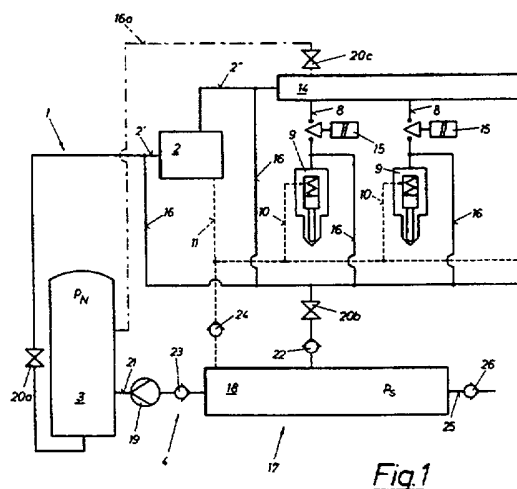
(21) Anmeldenummer: 920/95  
(22) Anmeldetag: 31.05.1995  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.01.2001  
(45) Ausgabetag: 25.09.2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F02M 21/02**  
F02B 43/00

(73) Patentinhaber:  
AVL GESELLSCHAFT FÜR  
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN UND  
MESSTECHNIK MBH. PROF.DR.DR.H.C. HANS  
LIST  
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).  
(72) Erfinder:  
OFNER HERWIG DIPL.ING. DR.  
STÜBING, STEIERMARK (AT).

## (54) EINSPRITZSYSTEM FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE

(57) Um bei einem Einspritzsystem (1) für eine mit selbst-zündendem Flüssiggas als Kraftstoff betriebene Brennkraftmaschine die Sicherheit insbesondere nach Abstellen des Motors zu erhöhen, ist vorgesehen, dass zumindest ein druckführender Teil (2', 2'', 8, 14) des Einspritzsystems (1) über eine Abschalteinrichtung (17) druckentlastbar ist, wobei die Abschalteinrichtung (17) zumindest eine über ein Ventil (20b, 20c) steuerbare, in einen Behälter (3, 18) mit niedrigerem Druckniveau ( $P_N$ ,  $P_S$ ) mündende Entlastungsleitung (16, 16a) aufweist.



**AT 408 131 B**

Die Erfindung betrifft ein Einspritzsystem für eine mit selbstzündendem Flüssiggas als Kraftstoff betriebene Brennkraftmaschine mit einer Einspritzeinrichtung pro Zylinder zur direkten Einspritzung des Kraftstoffes in den Brennraum, mit einem Kraftstoffbehälter, mit einer Kraftstoffförder-  
 5 Einspritzeinrichtung zur Entnahme des Kraftstoffes aus dem Kraftstoffbehälter und zur Förderung zur Einspritzeinrichtung, wobei der Kraftstoffbehälter als Niederdruckspeicher ausgeführt ist, welcher mit einer Druckregleinheit zur Einstellung eines über dem Dampfdruck des Flüssiggases liegenden konstanten Innendruckes, vorzugsweise etwa 6 bis 30 bar, verbunden ist.

Ein derartiges Einspritzsystem dient speziell zur Verwendung von neuentwickelten Flüssiggaskraftstoffen mit hoher Cetanzahl, beispielsweise Dimethylether, welche bei Umgebungstemperatur  
 10 einen Dampfdruck unter 30 bar aufweisen und als selbstzündende Kraftstoffe eingesetzt werden können. Aufgrund des hohen Dampfdruckes derartiger Flüssiggase besteht bei deren Verwendung in herkömmlichen Diesel-Einspritzsystemen, insbesondere in Bereichen lokaler Druckabsenkung, erhöhte Kavitationsgefahr, was zu Förderproblemen und zu verstärktem Verschleiß führt. Beim eingangs genannten System treten diese Nachteile nicht auf.

Da die selbstzündenden Flüssiggaskraftstoffe bei Umgebungsbedingungen verdampfen und mit Luft ein zündbares oder explosives Gemisch bilden können, müssen Kraftstoff-Leckagen aus dem System in die Umgebung in jedem Fall unterbunden werden. Das Unterbinden von Leckagen wird dadurch erschwert, dass im System ein hoher Standdruck herrschen muss, um den Kraftstoff in flüssigem Zustand zu halten. Besonders bei abgeschaltetem Motor stellt der im Einspritzsystem  
 15 vorhandene Standdruck bei geringsten Undichtheiten ein gewisses Sicherheitsrisiko dar.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, diese Nachteile zu vermeiden und ein Einspritzsystem für selbstzündende Flüssiggaskraftstoffe der eingangs genannten Art weiterzuentwickeln, bei dem Leckagen in die Umgebung unterbunden werden und die Sicherheit insbesondere bei abgeschaltetem Motor erhöht wird.

Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung dieser Aufgabe dadurch, dass zumindest ein druckführender Teil des Einspritzsystems über eine Abschalteinrichtung druckentlastbar ist, wobei die Abschalteinrichtung zumindest eine über ein Ventil steuerbare, in einen Behälter mit niedrigerem Druckniveau mündende Entlastungsleitung aufweist, und dass zwischen dem Niederdruckspeicher und der Kraftstoffförder-  
 25 einrichtung ein erstes Ventil der Abschalteinrichtung angeordnet ist. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Abschalteinrichtung einen Sammelbehälter aufweist, in welchen zumindest eine von einem druckführenden Teil, beispielsweise der Saugleitung und/oder der Druckleitung der Kraftstoffförder-  
 30 einrichtung und/oder der Einspritzleitung ausgehende, durch ein zweites Ventil steuerbare Entlastungsleitung einmündet. Besonders günstig ist es, dass der Sammelbehälter über eine Fördereinrichtung absaugbar, vorzugsweise auf einen Druck von höchstens 1 bar, besonders vorzugsweise auf einen Druck von höchstens 0,9 bar evakuierbar ist. Dadurch wird sichergestellt, dass kein Flüssiggas nach außen dringt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Sammelbehälter über die Fördereinrichtung mit dem Niederdruckspeicher verbunden ist. Das im Sammelbehälter gesammelte Flüssiggas kann dadurch wieder dem Niederdruckspeicher und dem Einspritzsystem zugeführt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass jede Einspritzeinrichtung und/oder die Kraftstoffförder-  
 40 einrichtung über Kraftstoffrückführleitungen, in welchen vorzugsweise zumindest ein Rückschlagventil angeordnet ist, mit dem Sammelbehälter verbunden sind. Dadurch ist es möglich, Einspritzteile von herkömmlichen Systemen mit Kraftstoffrückführleitungen zu verwenden und trotzdem Leckagefreiheit des Einspritzsystems gegenüber der Umgebung zu erreichen.

Nach Abstellen des Motors wird das zwischen dem Niederdruckspeicher und der Kraftstoffförder-  
 45 einrichtung befindliche erste Ventil geschlossen und das zwischen den druckführenden Leitungsteilen und dem Sammelbehälter angeordnete zweite Ventil geöffnet. Dadurch wird der im System gebliebene flüssige Kraftstoff in den Sammelbehälter entleert, indem er bei niedrigem Druck im Sammelbehälter verdampft. Die Fördereinrichtung verdichtet das Gas und fördert es in den Niederdruckspeicher zurück, wodurch das Gas wieder verflüssigt wird.

In einer energetisch besonders günstigen Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Abschalteinrichtung eine vom Hochdruckverteilerspeicher ausgehende, über ein drittes Ventil in den Niederdruckspeicher mündende weitere Entlastungsleitung aufweist. Nach Abstellen des Motors wird durch Öffnen des dritten Ventiles der Druck des Hochdruckverteilerspeichers in den Nieder-  
 50 55

druckspeicher entspannt. Nach Schließen des dritten Ventiles und des ersten Ventiles wird das zweite Ventil geöffnet und das im Einspritzsystem befindliche Flüssiggas in den Sammelbehälter entleert.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Abschalteinrichtung Teil der Druckregeleinheit ist. Dadurch ist es möglich, Bauteile einzusparen und den Druck im Niederdruckspeicher konstant über Verdampfungsdruck zu halten, um Kavitation an der Saugseite der Kraftstoffördereinrichtung zu verhindern. Eine sichere Druckregelung wird erreicht, wenn der Sammelbehälter eine Zufuhrleitung für ein externes Regelgas, vorzugsweise Luft oder Stickstoff, aufweist. Dadurch können auch in Betriebszuständen, bei denen im Sammelbehälter der betriebsmäßige Unterdruck erreicht wird, im Niederdruckspeicher allerdings noch Druckerhöhung erforderlich ist, Regelgas, beispielsweise Luft oder Stickstoff, in den Sammelbehälter angesaugt und in weiterer Folge in den Niederdruckspeicher gefördert werden.

In einer anderen sehr vorteilhaften Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der Niederdruckspeicher durch ein flexibles Ausgleichselement in einen Flüssigraum und einen Ausgleichsraum geteilt ist, in welchen eine Gaszufuhrleitung der Druckregeleinheit einmündet. Da dadurch ein direkter Kontakt zwischen Flüssiggas und dem Regelgas vermieden wird, kann normale Luft als Regelgas verwendet werden.

Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert.

Fig. 1 und Fig. 2 zeigen Ausführungsvarianten von erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtungen.

Die Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Einspritzsystem 1 für eine Flüssiggasdirekteinspritzung. Die Kraftstoffördereinrichtung 2 fördert den Flüssiggaskraftstoff über einen Hochdruckverteilerspeicher 14 und Hochdruckleitungen 8 zu den einzelnen Einspritzeinrichtungen 9. Der Hochdruckverteilerspeicher 14 kann beispielsweise einen Druck von 200 bar aufweisen. Aufgrund der Eigenschaften des verwendeten Flüssiggases sind höhere Drücke im allgemeinen nicht erforderlich. In den vom Hochdruckspeicher 14 zu den Einspritzeinrichtungen 9 führenden Einspritzleitungen 8 sind über eine nicht weiter dargestellte Steuereinheit betätigte Magnetventile 15 vorgesehen, welche auch in die Einspritzeinrichtungen 9 integriert sein können.

Erfindungsgemäß sind druckführende Teile des Einspritzsystems 1, beispielsweise die Saugleitung 2' und die Druckleitung 2'' der Kraftstoffördereinrichtung 2, sowie die Einspritzleitungen 8, über Entlastungsleitungen 16 einer Abschalteinrichtung 17 druckentlastbar. Die Abschalteinrichtung 17 beinhaltet einen Sammelbehälter 18, an welchen eine Fördereinrichtung 19 angeschlossen ist. Zur Abschalteinrichtung 17 gehören auch ein erstes und ein zweites Abschalventil 20a und 20b.

Vorteilhafterweise ist der Speicherbehälter 18 mit dem Niederdruckspeicher 3 über die Leitung 21 verbunden, wobei die Fördereinrichtung 19 in der Leitung 21 angeordnet ist. In der zum Sammelbehälter 18 führenden Entlastungsleitung 16, sowie in der Leitung 21, ist zumindest jeweils ein Rückschlagventil 22 und 23 angeordnet.

Der Sammelbehälter 18 wird über die Fördereinrichtung 19 auf einem Druckniveau zumindest unter dem Druck  $P_N$  des Niederdruckspeichers 3, vorzugsweise auf Umgebungsdruck, besonders vorzugsweise auf einen Druck  $P_S$  unter Umgebungsdruck gehalten. Durch einen Druck  $P_S$  im Sammelbehälter 18 kleiner gleich dem Umgebungsdruck kann sichergestellt werden, dass kein Gas nach außen dringt. Der Kraftstoff liegt im Sammelbehälter 18 dabei gasförmig vor. Nach Abstellen des Motors wird das erste Abschalventil 20a geschlossen, danach das zweite Abschalventil 20b geöffnet und dadurch der im System gebliebene Kraftstoff in den Sammelbehälter 18 entleert. Die als Kompressor ausgebildete Fördereinrichtung 19 verdichtet das Gas und fördert es in den Niederdruckspeicher 3 zurück, wobei das Gas wieder verflüssigt wird.

In einer in Fig. 1 strichpunktiert eingezeichneten energetisch günstigen Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass der Hochdruckverteilerspeicher 14 über eine Entlastungsleitung 16a mit dem Niederdruckspeicher 3 verbunden ist, wobei der Durchfluss der Entlastungsleitung 16a über ein drittes Ventil 20c geregelt werden kann. Dadurch ist es möglich, den Druck im Hochdruckverteilerspeicher 14 auf das Niederdruckniveau im Niederdruckspeicher 3 zu bringen und die Restenergie zur Druckregelung des Druckes im Niederdruckspeicher 3 zu nutzen. Nach Abstellen des Motors wird zuerst das dritte Ventil 20c kurzfristig geöffnet, wodurch sich der Druck des Hochdruckverteilerspeichers 14 in den Niederdruckspeicher 3 entspannt. Nach Druckausgleich wird das dritte Ventil 20c wieder geschlossen. Nachdem auch das erste Ventil 20a geschlossen wird, wird

das zweite Ventil 20b geöffnet, wodurch sich der restliche Druck im Einspritzsystem 1 über die Entlastungsleitungen 16 in den Sammelbehälter 18 entspannen kann.

Werden als Kraftstoffördereinrichtung 2 und als Einspritzeinrichtungen 9 konventionelle Teile mit Rückflussleitungen 10, 11 verwendet, so können diese, eventuell über ein Rückschlagventil 24 mit dem Sammelbehälter 18 verbunden sein, wie in den Fig. strichliert dargestellt ist. Dadurch wird ein geschlossenes Kraftstoffsystem unter Verwendung von Elementen herkömmlicher Dieseleinspritzsysteme ermöglicht.

Über die Fördereinrichtung 19 wird einerseits der Druck  $P_S$  im Sammelbehälter 18, andererseits der Druck  $P_N$  im Niederdruckspeicher 3 geregelt. Der Druck im Niederdruckspeicher 3 muss immer ein gewisses Maß über dem Dampfdruck des Kraftstoffes sein, um Kavitation an der Saugseite 2' der Kraftstoffördereinrichtung 2 zu verhindern. Andererseits muss im Sammelbehälter 18 ein Druck  $P_S$  von vorzugsweise 1 bar oder darunter sichergestellt werden.

Ist im Sammelbehälter 18 der Betriebsdruck  $P_S$  vorhanden, aber der notwendige Niederdruck  $P_N$  im Niederdruckspeicher 3 noch nicht erreicht, so muss zusätzliches Gas, vorzugsweise ein reaktionsträges Gas wie Luft oder Stickstoff, zugeführt werden. Dies erfolgt vorteilhafterweise über eine in den Sammelbehälter 18 mündende Zufuhrleitung 25, in welcher ein Ventil 26 angeordnet ist. Das Ventil 26 kann in einfacher Weise als Rückschlagventil ausgeführt sein.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Einspritzsystem, bei dem der Niederdruckspeicher 3 durch ein flexibles Ausgleichselement 27 in einen Flüssiggasraum 3a und einen Ausgleichsraum 3b geteilt ist. In den Ausgleichsraum 3b mündet die Gaszufuhrleitung 28a einer Druckregleinheit 28, über welche Regelgas in den Niederdruckspeicher 3 eingeleitet werden kann. Durch das flexible Ausgleichselement 27 wird ein direkter Kontakt zwischen Regelgas und Flüssiggas vermieden, weshalb als Regelgas gefahrlos Luft verwendet werden kann.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Einspritzsystem für eine mit selbstzündendem Flüssiggas als Kraftstoff betriebene Brennkraftmaschine mit einer Einspritzeinrichtung pro Zylinder zur direkten Einspritzung des Kraftstoffes in den Brennraum, mit einem Kraftstoffbehälter, mit einer Kraftstoffördereinrichtung zur Entnahme des Kraftstoffes aus dem Kraftstoffbehälter und zur Förderung zur Einspritzeinrichtung, wobei der Kraftstoffbehälter als Niederdruckspeicher ausgeführt ist, welcher mit einer Druckregleinheit zur Einstellung eines über dem Dampfdruck des Flüssiggases liegenden konstanten Innendruckes, vorzugsweise etwa 6 bis 30 bar, verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein druckführender Teil (2', 2'', 8, 14) des Einspritzsystems (1) über eine Abschalteinrichtung (17) druckentlastbar ist, wobei die Abschalteinrichtung (17) zur Rückführung des Kraftstoffes in den Kraftstoffbehälter (3) zumindest eine über ein Ventil (20b, 20c) steuerbare, in einen Behälter (3, 18) mit niedrigerem Druckniveau ( $P_N$ ,  $P_S$ ) mündende Entlastungsleitung (16, 16a) aufweist, und dass zwischen dem Niederdruckspeicher (3) und der Kraftstoffördereinrichtung (2) ein erstes Ventil (20a) der Abschalteinrichtung (17) angeordnet ist,
2. Einspritzsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschalteinrichtung (17) einen Sammelbehälter (18) aufweist, in welchen zumindest eine von einem druckführenden Teil, beispielsweise der Saugleitung (2') und/oder der Druckleitung (2'') der Kraftstoffördereinrichtung (2) und/oder der Einspritzleitung (8) ausgehende, durch ein zweites Ventil (20b) steuerbare Entlastungsleitung (16) einmündet.
3. Einspritzsystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sammelbehälter (18) über eine Fördereinrichtung (19) absaugbar, vorzugsweise auf einen Druck von höchstens 1 bar, besonders vorzugsweise auf einen Druck von höchstens 0,9 bar evakuierbar ist.
4. Einspritzsystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sammelbehälter (18) über die Fördereinrichtung (19) mit dem Niederdruckspeicher (3) verbunden ist.
5. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Einspritzeinrichtung (9) und/oder die Kraftstoffördereinrichtung (2) über Kraftstoffrückführleitungen (10, 11), in welchen vorzugsweise zumindest ein Rückschlagventil (24)

angeordnet ist, mit dem Sammelbehälter (18) verbunden ist.

6. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschalteinrichtung (17) eine vom Hochdruckverteilerspeicher (14) ausgehende, über ein drittes Ventil (20c) in den Niederdruckspeicher (3) mündende weitere Entlastungsleitung (16a) aufweist.
7. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschalteinrichtung (17) Teil der Druckregeleinheit (4) zur Einstellung eines über dem Dampfdruck des Flüssiggases liegenden konstanten Innendruckes ist.
8. Einspritzsystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sammelbehälter (18) eine Zufuhrleitung (25) für ein externes Regelgas, vorzugsweise Luft oder Stickstoff, aufweist.
9. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Niederdruckspeicher (3) durch ein flexibles Ausgleichselement (27) in einen Flüssigraum (3a) und einen Ausgleichsraum (3b) geteilt ist, in welchen eine Gaszufuhrleitung (28a) der Druckregeleinheit (28) einmündet.

## HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN

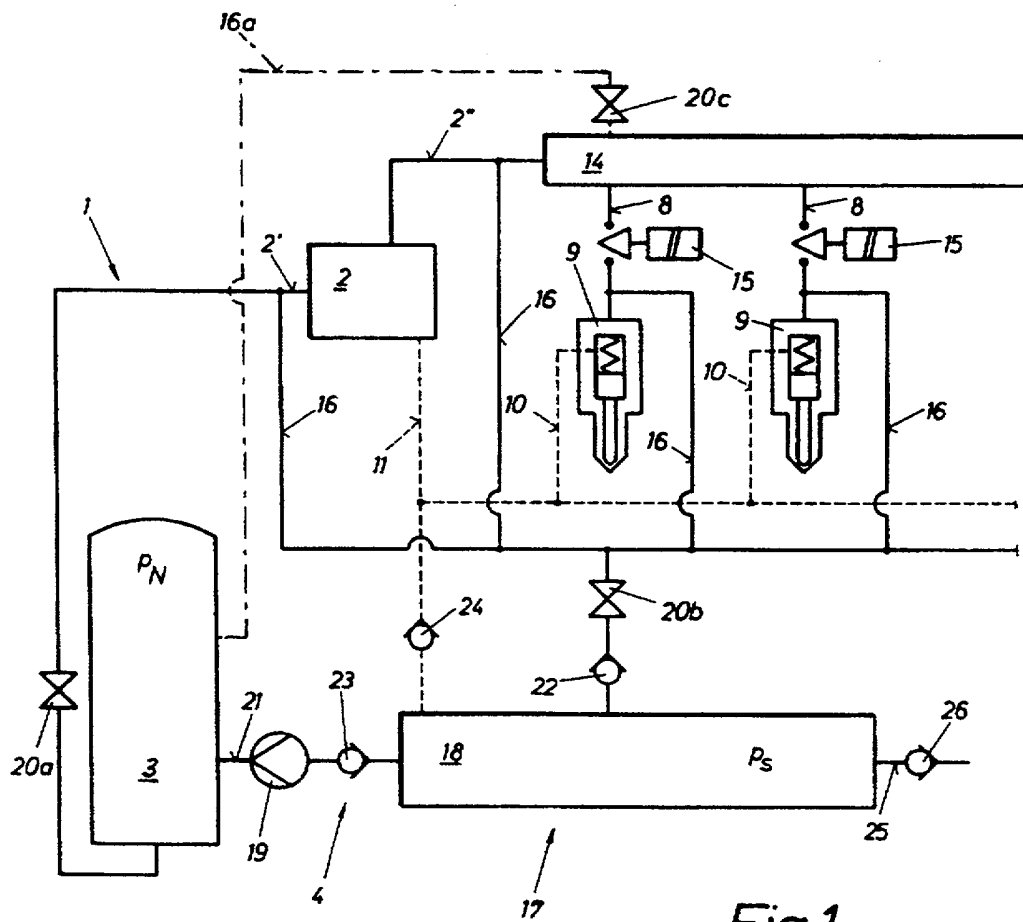


Fig.1

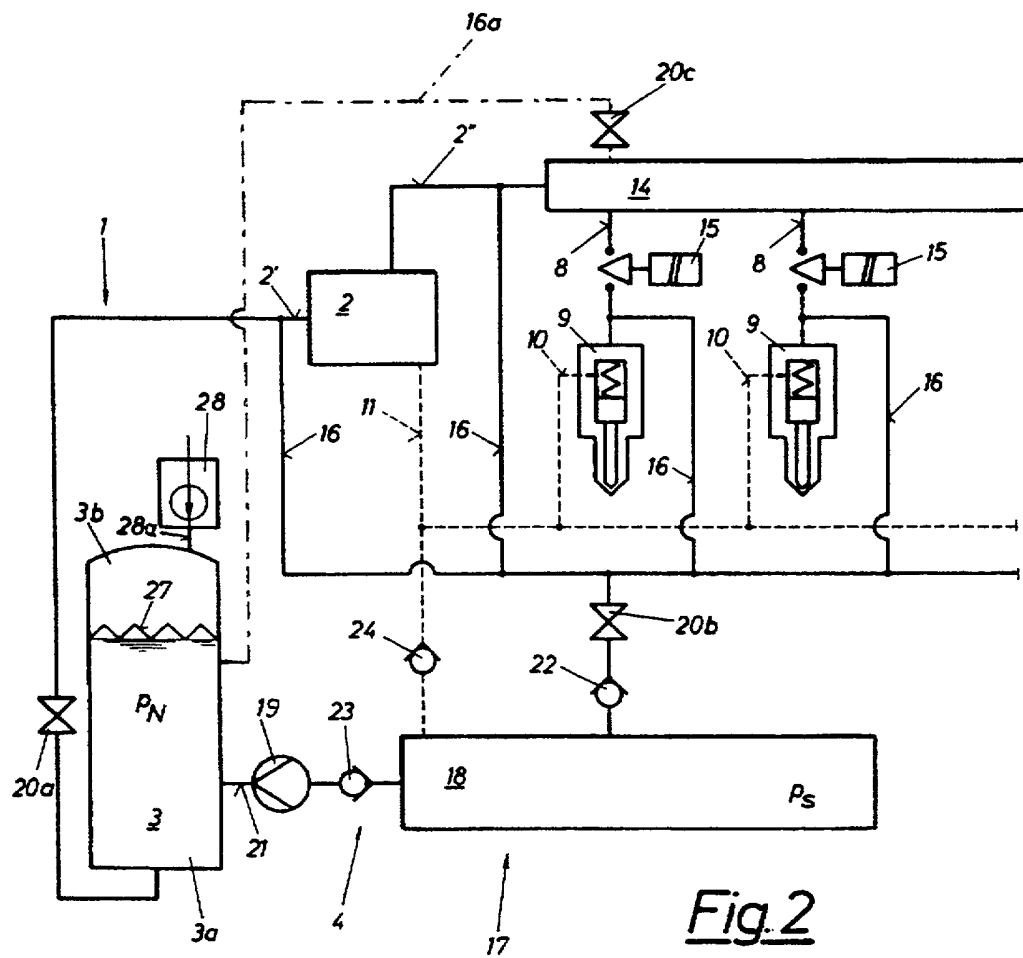


Fig. 2