

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 650 434 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

26.04.2006 Patentblatt 2006/17

(51) Int Cl.:

F04B 25/00 (2006.01)

F04B 49/08 (2006.01)

F04B 49/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05022666.1

(22) Anmeldetag: 18.10.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU

(30) Priorität: 19.10.2004 DE 102004051097

(71) Anmelder: ITG Kompressoren GmbH

09405 Zschopau (DE)

(72) Erfinder: Nickl, Jörg

01744 Malter (DE)

(74) Vertreter: Hudler, Frank

Lippert, Stachow & Partner

Krenkelstrasse 3

01309 Dresden (DE)

Bemerkungen:

Ein Antrag gemäss Regel 88 EPÜ auf Berichtigung von Mängeln, die die Patentansprüche betreffen, liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen werden (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 3.).

(54) Mehrstufiger Kolbenverdichter mit reduzierter Leistungsaufnahme im Leerlauf

(57) Die Erfindung betrifft einen mehrstufigen Kolbenverdichter mit reduzierter Leistungsaufnahme bei fehlendem Gegendruck (Leerlauf). Der mehrstufige Kolbenverdichter zur Verdichtung kompressibler Medien umfasst mindestens eine stromaufwärts und mindestens eine stromabwärts angeordnete Verdichterstufe, wobei jede Verdichterstufe mindestens einen in einem Zylinderraum geführten Kolben sowie je eine mit dem Zylinderraum durch ein Einlassventil verbundene Einlassventilkammer und eine mit dem Zylinderraum durch ein Aus-

lassventil verbundene Auslassventilkammer aufweist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass bei mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe die Einlassventilkammer durch mindestens ein Zusatzventil mit dem Zylinderraum verbunden ist, das sich im Ruhezustand in einer Öffnungsstellung befindet und das sich in eine Schließstellung bewegt, wenn der Differenzdruck Δp in der Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe einen vorgebbaren Wert überschreitet.

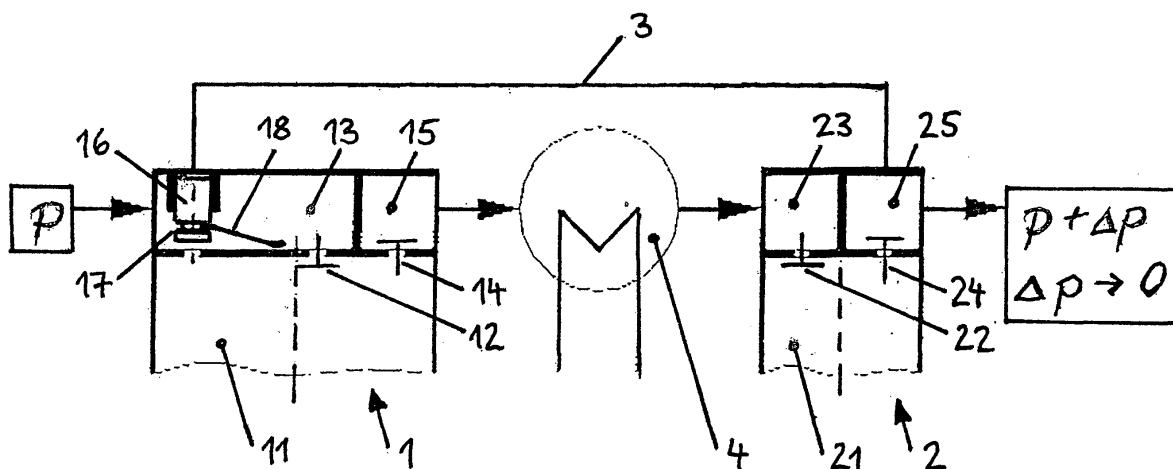


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen mehrstufigen Kolbenverdichter mit reduzierter Leistungsaufnahme bei fehlendem Gegendruck (Leerlauf).

[0002] Kolbenverdichter dienen der Kompression von Gasen, meist Luft, die als Arbeitsmedium zum Betrieb verschiedenster Aggregate genutzt werden soll. Im Betrieb arbeiten derartige Verdichter z.B. auf einen Druckluftbehälter, d.h. der Druckluftbehälter wird mit komprimierter Luft befüllt, bis ein vorgebbares Druckniveau erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt öffnet ein zwischen dem Verdichter und dem Druckluftbehälter angeordnetes Regelventil, so dass die vom Verdichter geförderte Luft entweicht. Der Verdichter selbst kann oftmals nicht abgeschaltet werden, da er z.B. mit dem Fahrzeugmotor fest gekoppelt ist.

[0003] Zwischen dem Regelventil und dem Verdichter befinden sich jedoch im Allgemeinen längere Druckleitungen, so dass der Verdichter bei geöffnetem Regelventil immer noch gegen den Rohrleitungswiderstand bzw. gegen einen gewissen Gegendruck arbeiten muss. Zudem tritt in diesem Fall bei mehrstufigen Verdichtern auf Grund der unterschiedlichen Hubvolumina der einzelnen Stufen der Effekt auf, dass die unteren Stufen eine deutliche indizierte Arbeit leisten müssen.

[0004] Um hier Abhilfe zu schaffen, sind derzeit bei einstufigen Verdichtern aufwändige Regeleinrichtungen vorgesehen, die zusätzliche Leitungen und Messeinrichtungen erfordern. Mit diesen Regeleinrichtungen wird dann bei Erreichen des voreingestellten Druckes im Behälter zusätzlich am Verdichter ein Überströmventil elektromechanisch oder pneumatisch geöffnet, so dass der weiter laufende Verdichter nicht mehr gegen einen Gegendruck arbeitet. Die Folge ist eine Energieeinsparung und es treten nur noch Reibungsverluste auf.

[0005] Derartige Systeme werden von Knorr Bremsen (Power Reduction System) und WABCO (ESS-System, Energiesparsystem) eingesetzt.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen mehrstufigen Verdichter anzugeben, der bei fehlendem Gegendruck Δp eine geringere Leistungsaufnahme aufweist als bekannte mehr- und einstufige Verdichter.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch einen mehrstufigen Verdichter mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Der mehrstufige Kolbenverdichter zur Verdichtung kompressibler Medien umfasst mindestens eine stromaufwärts und mindestens eine stromabwärts angeordnete Verdichterstufe, wobei jede Verdichterstufe mindestens einen in einem Zylinderraum geführten Kolben sowie je eine mit dem Zylinderraum durch ein Einlassventil verbundene Einlassventilkammer und eine mit dem Zylinderraum durch ein Auslassventil verbundene Auslassventilkammer aufweist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass bei mindestens einer stromaufwärts an-

geordneten Verdichterstufe die Einlassventilkammer durch mindestens ein Zusatzventil mit dem Zylinderraum verbunden ist, das sich im Ruhezustand in einer Öffnungsstellung befindet und das sich in eine Schließstellung bewegt, wenn der Differenzdruck Δp in der Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe einen vorgebbaren Wert überschreitet.

[0009] Das zu komprimierende Medium tritt mit einem Druck p in die erste Verdichterstufe ein. Diese erste Verdichterstufe ist gegenüber allen nachfolgenden Verdichterstufen stromaufwärts angeordnet. In der ersten Verdichterstufe wird das Medium komprimiert und der nächsten Verdichterstufe zugeleitet, in der es weiterverdichtet wird usw.. Aus der letzten Verdichterstufe, d.h. der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe, tritt das Medium schließlich mit dem Druck $p + \Delta p$ aus.

[0010] Überschreitet der Differenzdruck Δp zwischen dem Eingang und dem Ausgang des mehrstufigen Verdichters einen vorgebbaren Wert, so wird das erfindungsgemäß vorgesehene Zusatzventil aus der Öffnungsstellung, in der es sich in der Ruhelage befindet, in eine Schließstellung bewegt, so dass das Medium in dieser stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe komprimiert wird, d.h. dass die mit dem Zusatzventil ausgestattete, stromaufwärts vor der letzten Verdichterstufe angeordnete Verdichterstufe arbeitet.

[0011] Wenn der zu füllende Druckbehälter einen vorgegebenen Innendruck erreicht hat, wird die Befüllung des Druckbehälters beendet, indem das Überstromventil geöffnet wird, so dass das Medium entweichen kann. Dadurch sinkt der Differenzdruck Δp zwischen dem Eingang und dem Ausgang des mehrstufigen Verdichters auf einen Wert nahe Null. In dieser Situation bewegt sich das Zusatzventil erfindungsgemäß in die Öffnungsstellung zurück, so dass das Medium innerhalb der mit dem Zusatzventil ausgestatteten Verdichterstufe nicht komprimiert wird, d.h. dass sich die mit dem Zusatzventil ausgestattete, stromaufwärts vor der letzten Verdichterstufe angeordnete Verdichterstufe im Leerlauf befindet.

[0012] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe mit der Einlassventilkammer mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe durch eine Rohrleitung verbunden.

[0013] Das oder die Zusatzventile können beispielsweise magnetisch, elektrisch usw. betätigt werden. Vorteilhaft ist jedoch eine pneumatische Betätigung des oder der Zusatzventile durch das zu komprimierende Medium selbst. Hierzu wird die Auslassventilkammer der letzten Verdichterstufe mit der Einlassventilkammer der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe oder Verdichterstufen verbunden. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass das Ventil ohne Zwischenschaltung aufwändiger Steuer- oder Regeleinrichtungen durch den Differenzdruck Δp betätigt wird. Hierdurch kann der erfindungsgemäße Verdichter kostengünstig hergestellt werden, ist selbstregelnd und wartungsfrei.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe mit den Einlassventilkammern mehrerer stromaufwärts angeordneter Verdichterstufen durch eine sich verzweigende Rohrleitung verbunden.

[0015] Sind mehr als zwei Verdichterstufen vorgesehen und mehrere der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufen mit einem Zusatzventil ausgestattet, so muss jeder dieser Verdichterstufen der Druck, der am Ausgang des Verdichters anliegt, zugeführt werden, wenn die Betätigung des Zusatzventils auf diesem Wege erfolgen soll. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass von der letzten Verdichterstufe jeweils eine Rohrleitung zu einer der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufen geführt wird. Die Verwendung einer einzigen, sich verzweigenden Rohrleitung hat demgegenüber den Vorteil, dass der mehrstufige Verdichter kostengünstiger herstellbar ist und an der letzten Verdichterstufe Bauraum eingespart wird, da nur eine Rohrleitung angeschlossen werden muss.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine Feder vorgesehen, die das Zusatzventil im Ruhezustand und bei einem Differenzdruck Δp , der unterhalb des vorgegebenen Wertes liegt, in der Öffnungsstellung hält bzw. aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung bewegt.

[0017] Die Rückstellung des Zusatzventils in die Öffnungsstellung könnte wiederum magnetisch, elektrisch oder auf eine andere geeignete Weise erfolgen. Hierzu wären wiederum Stellglieder oder besondere konstruktive Gestaltungen des Zusatzventils erforderlich. Die Rückstellung des Zusatzventils durch eine Feder ist demgegenüber mechanisch einfacher zu realisieren und kostengünstiger herzustellen.

[0018] Vorteilhaft ist die Feder eine Blattfeder mit einem als Gabel ausgeführten Ende, die in eine dafür vorgesehene Rille des Zusatzventils eingreift. Eine weitere vorteilhafte Lösung ist die Verwendung einer Schraubenfeder, in die das Zusatzventil eingesetzt ist. Weitere konstruktive Ausgestaltungen unter Verwendung einer oder mehrerer Federn sind möglich, ohne vom Grundgedanken der Erfindung abzuweichen.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist zwischen mindestens zwei Verdichterstufen ein Wärmetauscher zum Kühlen des kompressiblen Mediums vorgesehen.

[0020] Durch den Wärmeentzug zwischen zwei Verdichterstufen wird dem Effekt entgegengewirkt, dass das Medium, das sich durch die Kompression erwärmt, sich ausdehnt, so dass sich der Wirkungsgrad des Verdichters verschlechtert.

[0021] Die selbsttätige Steuerung des zwischen den jeweiligen Zylinderräumen und ihren zugehörigen Einlassventilkammern angeordneten Zusatzventils, die nach einer beschriebenen Ausgestaltung der Erfindung durch den Gegendruck der Rohrleitung (Differenzdruck Δp) erfolgen kann, ermöglicht eine automatische Umschaltung

der betreffenden Verdichterstufen zwischen Arbeitsbetrieb (Medium wird komprimiert) und Leerlauf (Medium wird nicht komprimiert). Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass zur Sicherstellung der Betätigung des oder der Zusatzventile die letzte Verdichterstufe selbst nicht über ein solches Zusatzventil im Leerlauf "undicht" gemacht werden darf.

[0022] Beim Übergang vom Leerlauf zum Lastfall baut zunächst gerade die letzte Verdichterstufe, wenn auch mit geringerem Volumenstrom, den zur Betätigung des Zusatzventils benötigten Differenzdruck Δp auf. Dieser Differenzdruck Δp wirkt über eine Rohrleitung auf das Zusatzventil ein. Erreicht der Differenzdruck Δp einen vorgegebenen Wert, übersteigt die Druckkraft am Zusatzventil die zugehörige Federkraft der Feder, wodurch das Zusatzventil schließt und die unteren, d.h. stromaufwärts angeordneten Stufen zu arbeiten beginnen.

[0023] Dieses System hat gegenüber ähnlichen Systemen für einstufige Verdichter den Vorteil, direkt mit dem Druckniveau am Verdichtersaustritt zur Ansteuerung eines solchen Ventils auszukommen. Es werden keine zusätzlichen Signalgeber, Steuereinrichtungen oder ähnliches benötigt. Das System erkennt selbstständig, wann keine Luftförderung erforderlich ist. Es arbeitet sicher und ist störunanfällig. Das System ist einfach im Aufbau und daher kostengünstig herstellbar.

[0024] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung anhand von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 den erfindungsgemäßen Verdichter im Arbeitsbetrieb und

Fig. 2 den erfindungsgemäßen Verdichter im Leerlauf.

[0025] Der mehrstufige Kolbenverdichter zur Verdichtung kompressibler Medien gemäß Ausführungsbeispiel weist zwei Verdichterstufen 1,2 auf. Jede Verdichterstufe 1,2 besteht aus einem in einem Zylinderraum 11,21 geführten Kolben (nicht dargestellt) sowie je einer mit dem Zylinderraum 11,21 durch ein Einlassventil 12,22 verbundenen Einlassventilkammer 13,23 und einer mit dem Zylinderraum 11,21 durch ein Auslassventil 14,24 verbundenen Auslassventilkammer 15,25. Die gegenüber der letzten Verdichterstufe 2 stromaufwärts angeordnete Verdichterstufe 1 weist ein Zusatzventil 16 auf, durch das die Einlassventilkammer 13 mit dem Zylinderraum 11 verbunden ist.

[0026] Die Auslassventilkammer 25 der letzten und damit am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 ist mit der Einlassventilkammer 13 der ersten, stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe 1 durch eine Rohrleitung 3 verbunden.

[0027] In der Einlassventilkammer 13 der ersten, stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe 1 ist eine Feder 18 vorgesehen, die das Zusatzventil 16 im Ruhezustand und bei einem Differenzdruck Δp zwischen dem Einlass und dem Auslass des mehrstufigen Verdichters,

der unterhalb eines vorgegebenen Wertes liegt, in der Öffnungsstellung hält bzw. aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung bewegt. Der vorgegebene Wert des Differenzdrucks ist bei diesem Ausführungsbeispiel proportional zur Federrate der Feder 18.

[0028] Die Feder 18 ist eine Blattfeder mit einem als Gabel ausgeführten Ende. Das gabelförmige Ende der Blattfeder 18 greift in eine dafür vorgesehene Rille 17 des Zusatzventils 16 ein.

[0029] Zwischen den beiden Verdichterstufen 1,2 ist ein Wärmetauscher 4 zum Kühlen des kompressiblen Mediums vorgesehen.

[0030] Das Zusatzventil 16 ist in Fig. 1 in der Schließstellung dargestellt. Der zu befüllende Behälter (nicht dargestellt) hat nicht den gewünschten Innendruck. Daher ist das Überströmventil (nicht dargestellt) geschlossen und der mehrstufige Verdichter arbeitet gegen den Innendruck des geschlossenen Systems. Der Differenzdruck Δp in der Auslassventilkammer 25 der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 hat den vorgegebenen Wert überschritten. Dieser Differenzdruck liegt durch die Rohrleitung 3 am Zusatzventil 16 an und reicht aus, um das Zusatzventil 16 gegen die Kraft der Feder 18 in die Schließstellung zu bewegen. Dadurch ist keine ständige Verbindung zwischen der Einlassventilkammer 13 und dem Zylinderraum 11 der ersten Verdichterstufe 1 gegeben und das Medium wird in der ersten Verdichterstufe 1 komprimiert.

[0031] In Fig. 2 ist das Zusatzventil 16 in der Öffnungsstellung dargestellt. Der zu befüllende Behälter (nicht dargestellt) hat den gewünschten Innendruck erreicht. Daher ist das Überströmventil (nicht dargestellt) geöffnet und der mehrstufige Verdichter arbeitet nicht gegen den Innendruck des geschlossenen Systems. Der Differenzdruck Δp in der Auslassventilkammer 25 der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 ist annähernd Null, d.h. der Differenzdruck Δp hat den vorgegebenen Wert unterschritten. Die Kraft der Feder 18 bewegt das Zusatzventil 16 zurück in die Öffnungsstellung. Dadurch besteht nun eine ständige Verbindung zwischen der Einlassventilkammer 13 und dem Zylinderraum 11 der ersten Verdichterstufe 1, so dass das Medium in der ersten Verdichterstufe 1 nicht komprimiert wird, d.h. die erste Verdichterstufe 1 befindet sich im Leerlauf.

Patentansprüche

1. Mehrstufiger Kolbenverdichter zur Verdichtung kompressibler Medien mit mindestens einer stromaufwärts und mindestens einer stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (1,2), wobei jede Verdichterstufe (1,2) mindestens einen in einem Zylinderraum (11,21) geführten Kolben sowie je eine mit dem Zylinderraum (11,21) durch ein Einlassventil (12,22) verbundene Einlassventilkammer (13,23) und eine mit dem Zylinderraum (11,21) durch ein Auslassven-

til (14,24) verbundene Auslassventilkammer (15,25) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe (1) die Einlassventilkammer (13) durch mindestens ein Zusatzventil (16) mit dem Zylinderraum (11) verbunden ist, das sich im Ruhezustand in einer Öffnungsstellung befindet und das sich in eine Schließstellung bewegt, wenn der Differenzdruck Δp in der Auslassventilkammer (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) einen vorgebbaren Wert überschreitet.

2. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslassventilkammer. (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) mit der Einlassventilkammer (13) mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe (1) durch eine Rohrleitung (3) verbunden ist.

3. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslassventilkammer (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) mit den Einlassventilkammern (13) mehrerer stromaufwärts angeordneter Verdichterstufen (1) durch eine sich verzweigende Rohrleitung (3) verbunden ist.

4. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Feder (18) vorgesehen ist, die das Zusatzventil (16) im Ruhezustand und bei einem Differenzdruck Δp , der unterhalb des vorgegebenen Wertes liegt, in der Öffnungsstellung hält bzw. aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung bewegt.

5. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (18) eine Blattfeder mit einem als Gabel ausgeführten Ende ist, die in eine dafür vorgesehene Rille (17) des Zusatzventils (16) eingreift.

6. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen mindestens zwei Verdichterstufen (1,2) ein Wärmetauscher (4) zum Kühlen des kompressiblen Mediums vorgesehen ist.

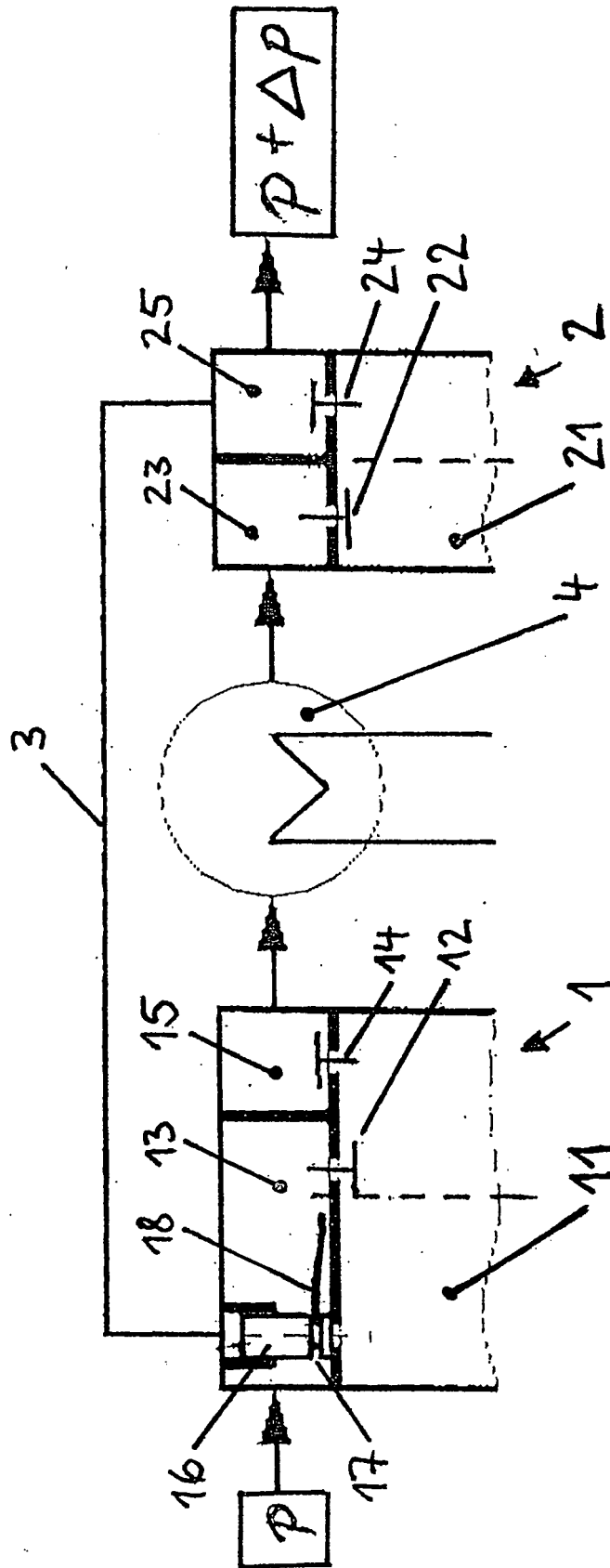


Fig. 1

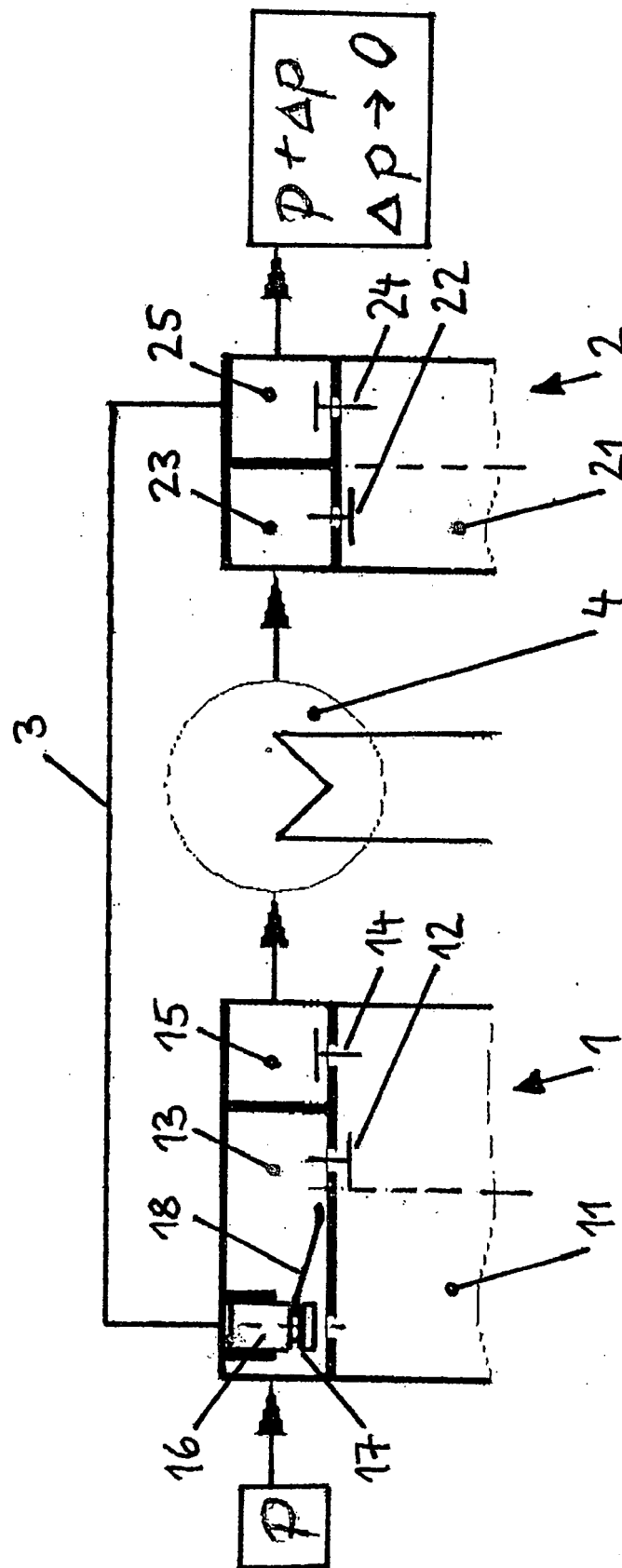


Fig. 2