



(11)

EP 1 650 434 B2

(12)

## NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**13.04.2016 Patentblatt 2016/15**

(51) Int Cl.:  
**F04B 25/00 (2006.01)**  
**F04B 49/22 (2006.01)**  
**F04B 49/03 (2006.01)**  
**F04B 49/08 (2006.01)**  
**F04B 39/08 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**23.01.2008 Patentblatt 2008/04**

(21) Anmeldenummer: **05022666.1**

(22) Anmeldetag: **18.10.2005**

### (54) Mehrstufiger Kolbenverdichter mit reduzierter Leistungsaufnahme im Leerlauf

Multi-stage piston type compressor with reduced power input during idle running

Compresseur à pistons multi-étages ayant un gain en puissance réduit à vide

(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**

(30) Priorität: **19.10.2004 DE 102004051097**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.04.2006 Patentblatt 2006/17**

(73) Patentinhaber: **Voith Patent GmbH  
89522 Heidenheim (DE)**

(72) Erfinder: **Nickl, Jörg  
01744 Malter (DE)**

(74) Vertreter: **Dr. Weitzel & Partner  
Patent- und Rechtsanwälte mbB  
Friedenstrasse 10  
89522 Heidenheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 091 994 EP-B1- 0 091 994  
AT-B- 187 616 DE-A1- 1 403 953  
DE-A1- 1 403 953 DE-A1- 1 628 165  
DE-A1- 1 775 366 DE-A1- 2 449 233  
DE-A1- 2 901 513 DE-A1- 3 329 790  
DE-A1- 3 446 096 DE-A1- 4 026 684  
DE-A1- 4 105 593 DE-C- 366 401  
DE-C- 374 317 DE-C- 405 798  
DE-C- 681 654 DE-C- 857 259  
DE-C- 954 000 DE-C2- 3 032 002  
GB-A- 1 276 898**

## 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 gefüllt, bis ein vorgebares 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 Behälterzusätzlich am Verdichterein 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]** Aus der deutschen Offenlegungsschrift 1 403 953 ist ein mehrstufiger Kolbenverdichter zur Verdichtung kompressibler Medien mit mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe und mindestens einer stromabwärts angeordneten Verdichterstufe bekannt, wobei jede Verdichterstufe mindestens einen in einem Zylinderraum geführten Kolben, eine mit dem Zylinderraum durch ein Einlassventil verbundene Einlassventilkammer und eine mit dem Zylinderraum durch ein Auslassventil verbundene Auslassventilkammer aufweist.

**[0007]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen mehrstufigen Verdichter der beschriebenen Art anzugeben, der bei fehlendem Gegendruck  $\Delta p$  eine geringere Leistungsaufnahme aufweist als bekannte mehr- und einstufige Verdichter.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch einen mehrstufigen Verdichter mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Er-

findung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0009]** 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 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  $\Delta p$  zwischen der Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe und der Einlassventilkammer der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe einen vorgebbaren Wert überschreitet.

**[0010]** 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 deren 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.

**[0011]** Überschreitet der Differenzdruck  $\Delta p$  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.

**[0012]** 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  $\Delta p$  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.

**[0013]** In der Erfindung ist die Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe mit dem in der Einlassventilkammer mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe vorgesehenen Zusatzventil durch eine Rohrleitung verbun-

den.

**[0014]** Vorteilhaft ist eine pneumatische Betätigung des oder der Zusatzventile durch das zu komprimierende Medium selbst. Hierzu wird die Auslassventilkammer der letzten Verdichterstufe mit dem in der Einlassventilkammer der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe oder Verdichterstufen angeordneten Zusatzventil verbunden. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass das Ventil ohne Zwischenschaltung aufwändiger Steuer- oder Regeleinrichtungen durch den Differenzdruck  $\Delta p$  betätigt wird. Hierdurch kann der erfindungsgemäße Verdichter kostengünstig hergestellt werden, ist selbstregelnd und wartungsfrei.

**[0015]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Auslassventilkammer der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe mit den in den Einlassventilkammern mehrerer stromaufwärts angeordneter Verdichterstufen angeordneten Zusatzventilen durch eine sich verzweigende Rohrleitung verbunden.

**[0016]** 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 dem gegenüberliegenden Vorteil, dass der mehrstufige Verdichter kostengünstiger herstellbar ist und an der letzten Verdichterstufe Bauraum eingespart wird, da nur eine Rohrleitung angeschlossen werden muss.

**[0017]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine Feder vorgesehen, die das Zusatzventil im Ruhezustand und bei einem Differenzdruck  $\Delta p$ , der unterhalb des vorgegebenen Wertes liegt, in der Öffnungsstellung hält bzw. aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung bewegt.

**[0018]** 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 dem gegenüber mechanisch einfacher zu realisieren und kostengünstiger herzustellen.

**[0019]** 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.

**[0020]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist zwischen mindestens zwei Verdichterstufen ein

Wärmetauscher zum Kühlen des kompressiblen Mediums vorgesehen.

**[0021]** 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.

**[0022]** Die selbsttätige Steuerung des zwischen den jeweiligen Zylinderräumen und ihren zugehörigen Einlassventilkammern angeordneten Zusatzventil, die nach einer beschriebenen Ausgestaltung der Erfindung durch den Gegendruck der Rohrleitung (Differenzdruck  $\Delta p$ ) 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.

**[0023]** Beim Übergang vom Leerlauf zum Lastfall baut zunächst gerade die letzte Verdichterstufe, wenn auch mit geringerem Volumenstrom, den zur Betätigung des Zusatzventils benötigten Differenzdruck  $\Delta p$  auf. Dieser Differenzdruck  $\Delta p$  wirkt über eine Rohrleitung auf das Zusatzventil ein. Erreicht der Differenzdruck  $\Delta p$  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.

**[0024]** Dieses System hat gegenüber ähnlichen Systemen für einstufige Verdichter den Vorteil, direkt mit dem Druckniveau am Verdichteraustritt 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 störanfällig. Das System ist einfach im Aufbau und daher kostengünstig herstellbar.

**[0025]** 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.

**[0026]** 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.

[0027] Die Auslassventilkammer 25 der letzten und damit am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 ist mit dem in der Einlassventilkammer 13 der ersten, stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe 1 angeordneten Zusatzventil 16 durch eine Rohrleitung 3 verbunden.

[0028] 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  $\Delta p$  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.

[0029] 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.

[0030] Zwischen den beiden Verdichterstufen 1,2 ist ein Wärmetauscher 4 zum Kühlen des kompressiblen Mediums vorgesehen.

[0031] 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  $\Delta p$  zwischen der Auslassventilkammer 25 der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 und der Einlassventilkammer 13 der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe 1 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.

[0032] 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  $\Delta p$  zwischen der Auslassventilkammer 25 der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe 2 und der Einlassventilkammer 13 der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe 1 ist annähernd Null, d.h. der Differenzdruck  $\Delta p$  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.

5

## 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 Auslassventil (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  $\Delta p$  zwischen der Auslassventilkammer (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) und der Einlassventilkammer (13) der stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe (1) einen vorgebbaren Wert überschreitet, und dass die Auslassventilkammer (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) mit dem in der Einlassventilkammer (13) mindestens einer stromaufwärts angeordneten Verdichterstufe (1) angeordneten Zusatzventil (16) durch eine Rohrleitung (3) verbunden ist.
2. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslassventilkammer (25) der am weitesten stromabwärts angeordneten Verdichterstufe (2) mit den in den Einlassventilkammern (13) mehrerer stromaufwärts angeordneter Verdichterstufen (1) angeordneten Zusatzventilen (16) durch eine sich verzweigende Rohrleitung (3) verbunden ist.
3. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Feder (18) vorgesehen ist, die das Zusatzventil (16) im Ruhezustand und bei einem Differenzdruck  $\Delta p$ , der unterhalb des vorgegebenen Wertes liegt, in der Öffnungsstellung hält beziehungsweise aus der Schließstellung in die Öffnungsstellung bewegt.
4. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feder (18) eine Blattfeder mit einem als Gabel ausgeführten Ende ist, die in eine dafür vorgesehene Rille (17) des Zu-

satzventils (16) eingreift.

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

## Claims

1. Multi-stage piston type compressor for compressing compressible media, with at least one compressor stage arranged upstream and at least one arranged downstream (1, 2), wherein each compressor stage (1,2) has at least one piston guided in a cylinder chamber (11, 21), as well as in each case an inlet valve chamber (13, 23) connected to the cylinder chamber (11, 21) by means of an inlet valve (12, 22) and an outlet valve chamber (15, 25) connected to the cylinder chamber (11, 21) by means of an outlet valve (14, 24) **characterised in that**, with at least one compressor stage (1) arranged upstream, the inlet valve chamber (13) is connected by means of at least one additional valve (16) to the cylinder chamber (11), which in the state of rest is located in an open position and which moves into a closed position when the differential pressure  $\Delta p$  between the outlet valve chamber (25) of the compressor stage (2) located furthest downstream and the inlet valve chamber (13) of the compressor stage (1) arranged upstream exceeds a predetermined value, and that the outlet valve chamber (25) of the compressor stage (2) arranged furthest downstream is connected to the additional valve (16) arranged in the inlet valve chamber (13) of at least one compressor stage (1) arranged upstream by means of a pipe (3).
2. Multi-stage piston type compressor according to Claim 1, **characterised in that** the outlet valve chamber (25) of the compressor stage (2) arranged furthest downstream is connected to the additional valves (16 arranged in the inlet valve chambers (13) of a plurality of compressor stages (1) arranged upstream by means of a branched pipe (3).
3. Multi-stage piston type compressor according to one of Claims 1 or 2, **characterised in that** a spring (18) is provided, which holds the additional valve (16) in the state of rest and under a differential pressure  $\Delta p$ , which is below the specified value, holds it in the open position or moves it out of the closed position into the open position.
4. Multi-stage piston type compressor according to Claim 3,

**characterised in that** the spring (18) is a leaf spring with an end designed as a fork, which engages in a groove (17) of the additional valve (16) provided for this purpose.

5. Multi-stage piston type compressor according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** a heat exchanger (4) for cooling the compressible medium is provided between at least two compressor stages (1, 2).

## Revendications

15. Compresseur à pistons multi-étages pour comprimer des fluides compressibles, comprenant au moins un étage de compression amont et un étage de compression aval (1, 2), chacun de ces étages (1, 2) possédant au moins un piston guidé dans une chambre de cylindre (11, 21) ainsi qu'une chambre de soupape d'entrée (13, 23) reliée à la chambre de cylindre (11, 21) par une soupape d'entrée (12, 22) et une chambre de soupape de sortie (15, 25) reliée à la chambre de cylindre (11, 21) par une soupape de sortie (14, 24), **caractérisé en ce que** sur au moins un étage de compression amont (1), la chambre de soupape d'entrée (13) est reliée à la chambre de cylindre (11) par au moins une soupape additionnelle (16) qui en position de repos se trouve en position d'ouverture et qui se déplace en position de fermeture quand la différence de pression  $\Delta p$  entre la chambre de soupape de sortie (25) de l'étage de compression (2) situé le plus loin en aval et la chambre de soupape d'entrée (13) de l'étage de compression amont (1), dépasse une valeur prédefinie et que la chambre de soupape de sortie (25) de l'étage de compression (2) situé le plus loin en aval est reliée par une conduite tubulaire (3) à la soupape additionnelle (16) installée dans la chambre de soupape d'entrée (13), d'au moins un étage de compression amont (1).
20. 2. Compresseur à pistons multi-étages selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la chambre de soupape de sortie (25) de l'étage de compression (2) situé le plus loin en aval, est reliée par une conduite tubulaire (3) se ramifiant, aux soupapes additionnelles (16) disposées dans les chambres de soupapes d'entrée (13) de plusieurs étages de compression amont (1).
25. 3. Compresseur à pistons multi-étages selon une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'** un ressort (18) à l'état de repos maintient en position d'ouverture la soupape additionnelle (16) ou la fait

passer de la position de fermeture à la position d'ouverture quand la différence de pression  $\Delta p$  est inférieure à une valeur prédéfinie.

4. Compresseur à pistons multi-étages selon la revendication 3,

**caractérisé en ce que**

le ressort (18) est un ressort à lame dont l'extrémité a la forme d'une fourche engagée dans une rainure (17) prévue pour cela dans la soupape additionnelle (16).

5. Compresseur à pistons multi-étages selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'** un échangeur thermique (4) pour refroidir le fluide compressible est prévu entre au moins deux étages de compression (1, 2).

20

25

30

35

40

45

50

55

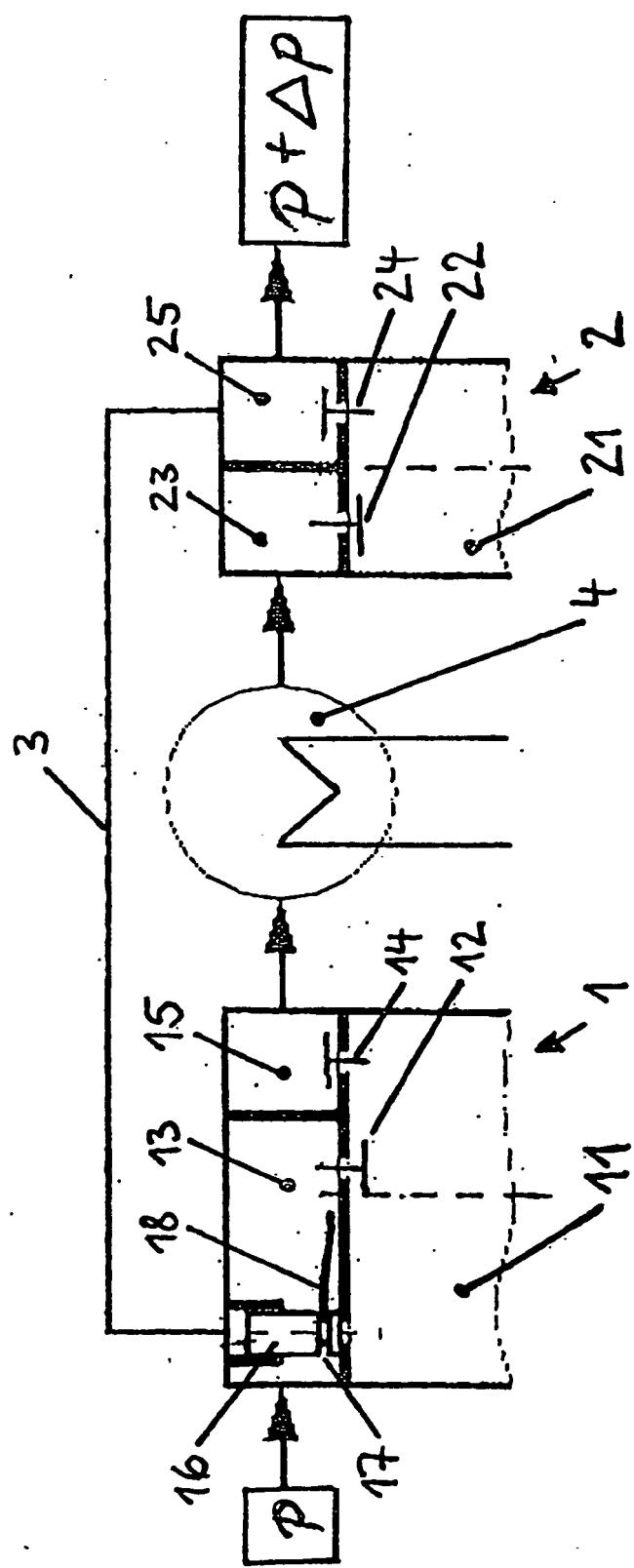


Fig. 1

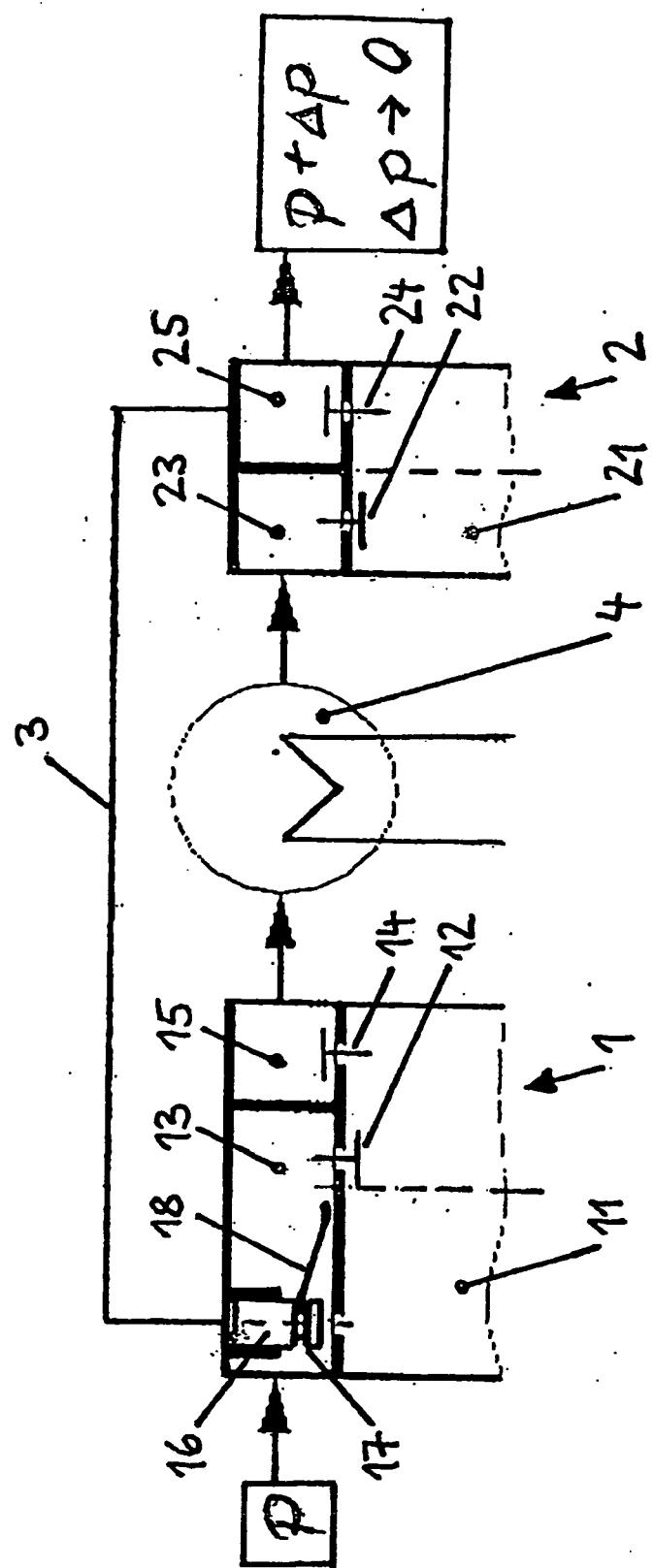


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 1403953 [0006]