



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.03.2003 Patentblatt 2003/11

(51) Int Cl.⁷: **F04C 23/00**, F04C 18/16,
F04C 18/12, F04C 29/04

(21) Anmeldenummer: **02019317.3**

(22) Anmeldetag: 29.08.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Amlinger, Heinrich, Dipl.-Ing.**
61194 Niddatal (DE)

(74) Vertreter: **Hebing, Norbert**
Patentanwälte Schlagwein + Hebing,
Frankfurter Strasse 34
61231 Bad Nauheim (DE)

(30) Priorität: 08.09.2001 DE 10144210

(71) Anmelder: **SGI-PROZESSTECHNIK GmbH**
63674 Altenstadt (DE)

(54) **Zweistufige Vakuumpumpe**

(57) Um einen Behälter rasch evakuieren zu können, ist ein zweistufiges Pumpensystem bestehend aus einer Drehkolbenpumpe (1) und einer Schraubenpumpe (2) vorgesehen, die hintereinander geschaltet sind.

Um von Anfang an mit beiden Pumpen arbeiten zu können, ist eine Kühlung der Drehkolbenpumpe (1) vorgesehen. Dies geschieht dadurch, dass über eine Zuleitung (12) gekühltes Gas in den Auslass (35) der Drehkolbenpumpe (1) eingeleitet wird.

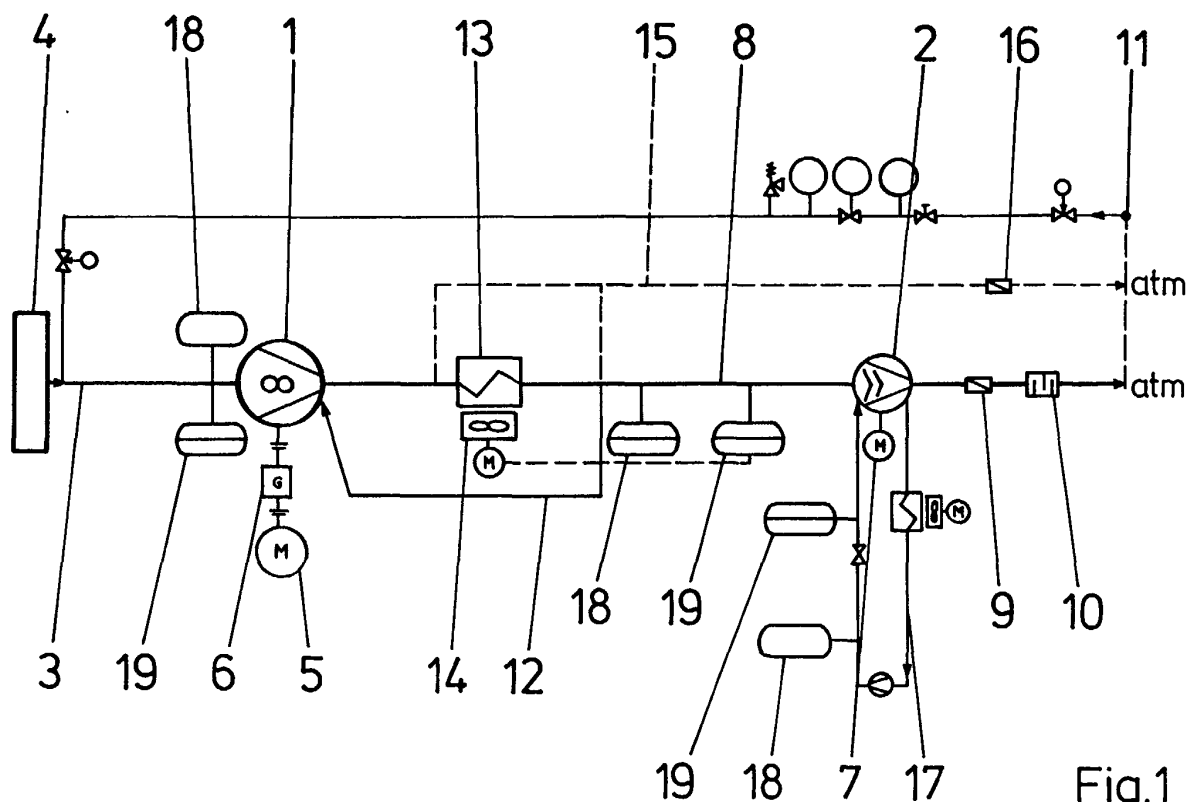


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Pumpensystem zum Absaugen von Luft oder Prozessgasen aus einem geschlossenen Gefäß, bestehend aus einer Drehkolbenpumpe und einer zur dieser in Reihe geschalteten Schraubenpumpe, wobei die Einlassseite der Drehkolbenpumpe an das zu evakuierende Gefäß angeschlossen ist.

[0002] Mit derartigen Pumpensystemen wird der Druck in dem geschlossenen Gefäß, der zunächst bei Atmosphärendruck liegt, auf Werte unterhalb von 0,1 mbar, z.B. auf 0,05 mbar gesenkt. (dieser und alle folgenden Druckwerte sind absolute Werte). Zwei hintereinander geschaltete Pumpen sind deswegen notwendig, weil eine einzelne Pumpe nur dann in einer relativ kurzen Zeit den gewünschten Unterdruck erzeugen kann, wenn sie eine sehr hohe Förderleistung aufweist. Eine solche Pumpe wäre sehr aufwendig und teuer. Die bekannten Systeme weisen daher zwei über eine Verbindungsleitung miteinander verbundenen Pumpen auf, wobei die eine Pumpe eine hohe Förderleistung aufweist, während die andere Pumpe in der Lage ist, einen geringen Druck zu erzeugen. In einer typischen Ausführung handelt es sich bei der einen Pumpe um eine Drehkolbenpumpe und bei der anderen Pumpe um eine trocken laufende Schraubenpumpe, auch Schraubenverdichter genannt.

[0003] Nachteilig bei einer zweistufigen Anordnung ist es, dass die Drehkolbenpumpe, bei der es sich um eine volumetrische Pumpe handelt, gegen den Druck am Einlass der Schraubenpumpe fördert. Das in der Verbindungsleitung zur Schraubenpumpe vorhandene Gas strömt in den Arbeitsraum der Drehkolbenpumpe, sobald sich dessen Auslasssteuerkante öffnet. Das dort vorhandene Gas wird dadurch komprimiert und erwärmt, was zu einer Erwärmung der Drehkolbenpumpe führt. Durch die damit bewirkte Wärmedehnung der Bauteile der Pumpe kann es zu Klemmeffekten kommen. Insbesondere können sich bei einer Drehkolbenpumpe die Drehkolben festfressen. Dieser Effekt ist umso größer, je höher der Druck ist, gegen den die Drehkolbenpumpe fördert. Zusätzlich kommt es zu einer Erwärmung der Schraubenpumpe, da ihr ein erwärmtes Gas zugeführt wird. Dies ist besonders dann nachteilig, wenn es sich um eine trocken laufende Schraubenpumpe handelt. Um deren Wirkungsgrad hoch zu halten, weisen solche Pumpen eine hohe Passgenauigkeit der ineinander greifenden Schrauben auf, so dass diese sich sofort verkeilen, wenn eine Wärmedehnung auftritt.

[0004] Um dies zu vermeiden, geht man in zwei Phasen vor. In der ersten Phase arbeitet zunächst nur die Schraubenpumpe, bis ihr Ausgangsdruck bei ca. 40 mbar liegt. Dabei läuft die Drehkolbenpumpe ohne eigenen Antrieb mit. Erst dann wird in einer zweiten Phase die Drehkolbenpumpe zugeschaltet, so dass von nun an die beiden Pumpen gemeinsam arbeiten, bis der gewünschte Ausgangsdruck - das ist der Druck in dem zu

evakuierenden Gefäß - von z.B. 0,05 mbar erreicht ist, der allein mit einer trocken laufenden Schraubenpumpe nicht zu erreichen wäre. Die Drehkolbenpumpe wird somit erst dann zugeschaltet, wenn der Druck in der Verbindungsleitung so klein ist, dass der oben beschriebene Erwärmungseffekt nicht ins Gewicht fällt. Wie ohne weiteres ersichtlich, führt diese Verfahrensweise dazu, dass der Pumpvorgang relativ lange dauert, da in der ersten Phase lediglich die Schraubenpumpe arbeitet und die Förderleistung der Drehkolbenpumpe nicht genutzt wird.

[0005] Die Erfindung beruht somit auf dem Problem, ein Pumpensystem zu schaffen, bei dem mit geringem Aufwand in einem zu evakuierenden Gefäß relativ rasch ein Unterdruck von wenigstens 0,1 mbar, vorzugsweise 0,05 mbar geschaffen werden kann.

[0006] Zur Lösung des Problems sieht die Erfindung vor, dass ein Pumpensystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart ausgebildet ist, dass die Drehkolbenpumpe mit einer Kühlung versehen ist.

[0007] Diese Kühlung ermöglicht es, die Drehkolbenpumpe schon in der ersten Phase zu betreiben. Die Kühlung verhindert, dass sich die Pumpe zu stark erwärmt und damit betriebsuntauglich wird. Die Kühlung ermöglicht es somit, dass beide Pumpen von Anfang an gemeinsam arbeiten können, wodurch die Förderleistung über dem gesamten Pumpvorgang relativ hoch liegt. Der zu erzielende Unterdruck kann somit relativ rasch erreicht werden. Eine Kühlung ist zwar mit weiteren Anschaffungs- und Betriebskosten verbunden, diese liegen aber noch deutlich unter dem, was für eine leistungsfähigere Schraubenpumpe ausgegeben werden müsste.

[0008] Die Kühlung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Es kann daran gedacht werden, das Pumpengehäuse zu kühlen. Dies ist allerdings sehr aufwendig und die Kühlwirkung erreicht nicht unbedingt die rotierenden Teile der Pumpe, die am ehesten dazu neigen, aufgrund einer Wärmedehnung zu blockieren. Die Erfindung sieht daher vor, dass in den Arbeitsraum bzw. in die Arbeitsräume der Drehkolbenpumpe ein gekühltes Gas eingeleitet wird. Dazu sind der oder die Arbeitsräume der Drehkolbenpumpe mit einer Zuleitung für ein gekühltes Gas verbunden. Dadurch wird der Druck in den Arbeitsräumen, bevor sich die Auslasssteuerkante öffnen, angehoben. Insbesondere wenn der neue Druck dem Druck in der Verbindungsleitung entspricht, kann kein Gas aus der Verbindungsleitung in die Drehkolbenpumpe zurückströmen, wenn die Verbindungsleitung mit dem jeweiligen Arbeitsraum in Verbindung gebracht wird. Die geringe Temperatur des eingeleiteten Gases verhindert, dass die mit der Einleitung einhergehende Komprimierung des Gases im Arbeitsraum zu dessen Erwärmung führt. Es stellt sich somit eine Arbeitstemperatur von unter 300° ein, die ohne weiteres von Drehkolbenpumpen getragen wird.

[0009] Am einfachsten zweigt die Zuleitung von der Verbindungsleitung zwischen der Drehkolben- und

Schraubenpumpe ab, d.h. als Kühlgas wird somit das Gas genommen, das aus dem zu evakuierenden Gefäß entnommen worden ist. Damit stellt sich gleichzeitig auch eine automatische Regelung ein. Solange der Druck in der Verbindungsleitung noch hoch ist, steht dort viel Gas zur Verfügung, das ausreichend gekühlt genügend Wärmeenergie aufnehmen kann, um eine entsprechende Kühlung des Gases im Auslass der Drehkolbenpumpe zu bewirken. Wenn der Druck in der Verbindungsleitung sinkt, steht zwar nicht mehr soviel Kühlmedium zur Verfügung, gleichzeitig ist jedoch der Aufwärmeeffekt nicht mehr so hoch, so dass auch nur wenig Kühlmedium benötigt wird. Außerdem wird durch die Verbindung der Zuleitung mit der Verbindungsleitung bewirkt, dass der Druck in den Arbeitskammern auf den in der Verbindungsleitung herrschenden Druck angehoben wird, wodurch er gerade so hoch ist, dass das Zurückströmen von Gas aus der Verbindungsleitung verhindert wird.

[0010] Die Kühlung des Gases kann an zwei Stellen erfolgen, nämlich zum einen in der Zuleitung selbst, zum anderen in der Verbindungsleitung vor der Abzweigung der Zuleitung. Die erste Schaltung hat den Vorteil, dass Kondensat, das sich in dem gekühlten Abschnitt der Zuleitung bildet, nicht in die Verbindungsleitung und damit auch nicht zur Schraubenpumpe gelangt. Das Kondensat wird vielmehr in die Arbeitsräume der Drehkolbenpumpe gelangen, wo es aufgrund der dort herrschenden, höheren Temperaturen wieder verdampft. In dieser Form gelangt es zur Schraubenpumpe, ohne dass es dort Schäden anrichten kann. Die zweite Schaltung hat den Vorteil, dass das abzusaugende Gas gekühlt zur Schraubenpumpe gelangt, wodurch dort höhere Saugleistungen bei ansonsten gleichen Betriebswerten zu erreichen sind.

[0011] Die Zuleitungen münden nahe dem Auslass in den oder die Arbeitsräume der Drehkolbenpumpe. Dies hat den Vorteil, dass die Druckaufladung nahe dem Auslass erfolgt und so eine effektive Barriere gegen ein Zurückströmen von Gas aus der Verbindungsleitung errichtet wird. Außerdem wird vermieden, dass das zugeleitete Gas bei geöffneten Einlasssteuerkanten in das zu evakuierende Gefäß einströmt. Typischerweise besteht eine Drehkolbenpumpe aus zwei Drehkolben, die im Pumpengehäuse je einen Arbeitsraum einzuschließen vermögen. Für eine solche Konstruktion der Drehkolbenpumpe ist vorgesehen, dass die Zuleitung sich vor der Drehkolbenpumpe in zwei Teilleitungen aufteilt, die jeweils in einen Arbeitsraum tangential zur Drehkolbenachse einmünden. Durch das tangentiale Einstromen wird eine innige Vermischung mit dem Gas in den Arbeitsräumen erreicht.

[0012] Bei der Bemessung der Saugleistung der Drehkolbenpumpe ist darauf zu achten, dass das Verhältnis des Gesamtmassenstroms zum Kühlgasmassenstrom beim Startausgangsdruck zwischen 7 und 11 liegt und beim Endausgangsdruck zwischen 1 und 2 liegt und während des Abpumpens entsprechende Zwi-

schenwerte einnimmt. Anders ausgedrückt: So lange der Druck der Drehkolbenpumpe noch relativ hoch liegt, ist es besonders wichtig, das Gas zu kühlen und eher eine geringere Förderleistung wegen der Zumischung des gekühlten Gases hinzunehmen. Bei geringen Enddrücken, in denen - wie oben erläutert - die Erwärmung nicht mehr so groß ist, wird die Zumischung von Kühlgas heruntergefahren, so dass sich eine höhere effektive Förderleistung der Pumpe einstellt.

[0013] Beim Betrieb der Anlage ist nicht auszuschließen, dass die Drehkolbenpumpe mehr Gas fördert als von der Schraubenpumpe abgesaugt werden kann. Um hier eine Druckerhöhung in der Verbindungsleitung zwischen den beiden Pumpen zu unterbinden, was wiederum zu einer erhöhten Wärmebelastung führen würde, schließt an die Verbindungsleitung eine Überströmleitung mit einer Rückschlagklappe zur Atmosphäre hin an. Der Druck, bei dem die Rückschlagklappe öffnet, kann fest eingestellt oder aber dem Fortschritt beim Abpumpen angepasst werden.

[0014] Im Folgenden soll anhand eines Ausführungsbeispiels die Erfindung näher erläutert werden. Dazu zeigen

Fig. 1 ein erstes Fließschema für ein Pumpensystem,

Fig. 2 ein zweites Fließschema,

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Drehkolbenpumpe mit zwei Zuleitungsanschlüssen.

[0015] Zunächst wird auf die Figur 1 Bezug genommen. Das Pumpensystem ist zweistufig ausgelegt. Es besteht aus einer Drehkolbenpumpe 1 und einer Schraubenpumpe 2, die häufig auch als Schraubenverdichter bezeichnet wird. Die beiden Pumpen 1, 2 sind hintereinander in einer Saugleitung 3 eingesetzt, die von einem zu evakuierenden Gefäß 4 zur Atmosphäre (Atm) führt. Die Drehkolbenpumpe 1 wird von einem Motor 5 über eine Getriebe 6 angetrieben, die Schraubenpumpe 2 unmittelbar von einem weiteren Motor 7. Die Saugseite der Drehkolbenpumpe 1 ist unmittelbar mit dem zu evakuierenden Gefäß verbunden und mündet in eine Verbindungsleitung 8, die zur Saugseite der Schraubenpumpe 2 führt, deren Auslass über eine Rückschlagklappe 9 und einen Schalldämpfer 10 mit der Atmosphäre verbunden ist.

[0016] Weiterhin ist der Einlass der Drehkolbenpumpe 1 mit einem sperrbaren Spülgasanschluss 11 verbunden. Zur Kühlung der Drehkolbenpumpe 1 ist eine Zuleitung 12 vorgesehen, die von der Verbindungsleitung 8 abzweigt und in die Arbeitsräume der Drehkolbenpumpe 1 einmündet. In Strömungsrichtung vor dem Abzweig der Zuleitung 12 ist in der Verbindungsleitung 8 ein Kühler 13 eingesetzt, der in diesem Ausführungsbeispiel mittels eines motorbetriebenen Ventilators 14 luftgekühlt ist. Das in die Zuleitung 12 eintretende bzw. zur Schraubenpumpe 2 geleitete Gas wird damit ge-

kühlt. Vor und hinter dem Kühler 13 zweigt von der Verbindungsleitung 8 eine Überströmleitung 15 ab, in der sich eine Rückschlagklappe 16 befindet.

[0017] Die Schraubenpumpe 2 kann über einen weiteren luftgekühlten Kühlkreis 17 zusätzlich gekühlt werden. Die Anlage weist diverse Drucksensoren 18 sowie Temperatursensoren 19 auf. Insbesondere der Temperatursensor 19 zwischen dem Kühler 13 und der Schraubenpumpe 2 kann zur Steuerung des Ventilators 14 des luftgekühlten Kühlers 13 herangezogen werden.

[0018] Wie schon im allgemeinen Teil erläutert, werden zum Evakuieren des Gefäßes 4 beide Pumpen 1, 2 gleichzeitig eingeschaltet, wobei durch die Kühlwirkung des Kühlers 13 gekühltes Gas in die Zuleitung 12 zur Drehkolbenpumpe 1 zurückgeleitet wird, so dass deren Arbeitstemperatur unter 300° bleibt. Sollte die Drehkolbenpumpe 1 mehr Gas fördern, als von der Schraubenpumpe 2 weitergefördert werden kann, so entweicht das überschüssige Gas über die Überströmleitung 15 und die Rückschlagklappe 16 zur Atmosphäre. Mit dieser zweistufigen Anordnung können Drücke von kleiner 0,05 mbar in dem zu evakuierenden Gefäß erreicht werden. Obwohl die beiden Pumpen 1, 2 gegenüber bekannten Geräten nicht stärker dimensioniert sind, kann dieser Unterdruck wesentlich schneller als bisher erreicht werden.

[0019] Figur 2 zeigt eine etwas andere Ausführung der Erfindung. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Kühler 13 in der Zuleitung 12 eingesetzt ist und die Verbindungsleitung 8 selbst nicht gekühlt ist.

[0020] Weiterhin ist hier ein wassergekühlter Kühler 13 vorgesehen. Dazu ist ein Wasserkreislauf 20 installiert, der gleichzeitig der Kühlung der Schraubenpumpe 2 dient. Die Art der Kühlung ist aber unabhängig von der Anordnung des Kühlers 13. So kann auch bei der Ausführung nach Figur 1 eine Wasserkühlung und bei der Ausführung nach Figur 2 eine Luftkühlung vorgesehen werden.

[0021] Zur Verdeutlichung des Anschlusses der Saugleitung 3 an die Drehkolbenpumpe 1 zeigt die Figur 3 einen Querschnitt durch eine solche Pumpe. In einem langgestreckten Pumpengehäuse 30, das einen aus zwei sich überschneidenden Zylindern gebildeten Pumpenraum 31 einschließt, drehen sich zwei Drehkolben 32, 33, deren Querschnitte die Form eines Ovals mit eingeschnürten Flanken haben. Dadurch können sie sich aneinander abwälzen und mit den Innenwänden des Pumpenraumes je einen Arbeitsraum 36, 37 einschließen. Im Übergang der beiden Zylinder befindet sich auf der einen Seite ein Einlass 34 und auf der anderen Seite ein Auslass 35. An der Seite des Auslasses 35 laufen tangential zwei Kanäle 38, 39 in den Pumpenraum 31 ein. Diese sind mit der Zuleitung 12 verbunden. Die Arbeitsräume 36, 37 stehen damit mit der Zuleitung 12 in Verbindung, so dass sich das aus dem Einlass 34 in die Arbeitsräume 36, 37 gelangende Gas mit gekühltem Gas aus der Zuleitung 12 mischt. Am Auslass 35 steht damit ein gekühltes Gas zur Verfügung, dessen

Druck in etwa dem Druck in der Verbindungsleitung entspricht.

Bezugszeichenliste

[0022]

1	Drehkolbenpumpe
2	Schraubenpumpe
3	Saugleitung
4	Gefäß
5	Motor
6	Getriebe
7	Motor
8	Verbindungsleitung
9	Rückschlagklappe
10	Schalldämpfer
11	Spülgasanschluss
12	Zuleitung
13	Kühler
14	Ventilator
15	Überströmleitung
16	Rückschlagklappe
17	Kühlkreis
18	Drucksensor
19	Temperatursensor
20	Wasserkreislauf
30	Gehäuse
31	Pumpenraum
32	Drehkolben
33	Drehkolben
34	Einlass
35	Auslass
36	Arbeitsraum
37	Arbeitsraum
38	Kanal
39	Kanal

Patentansprüche

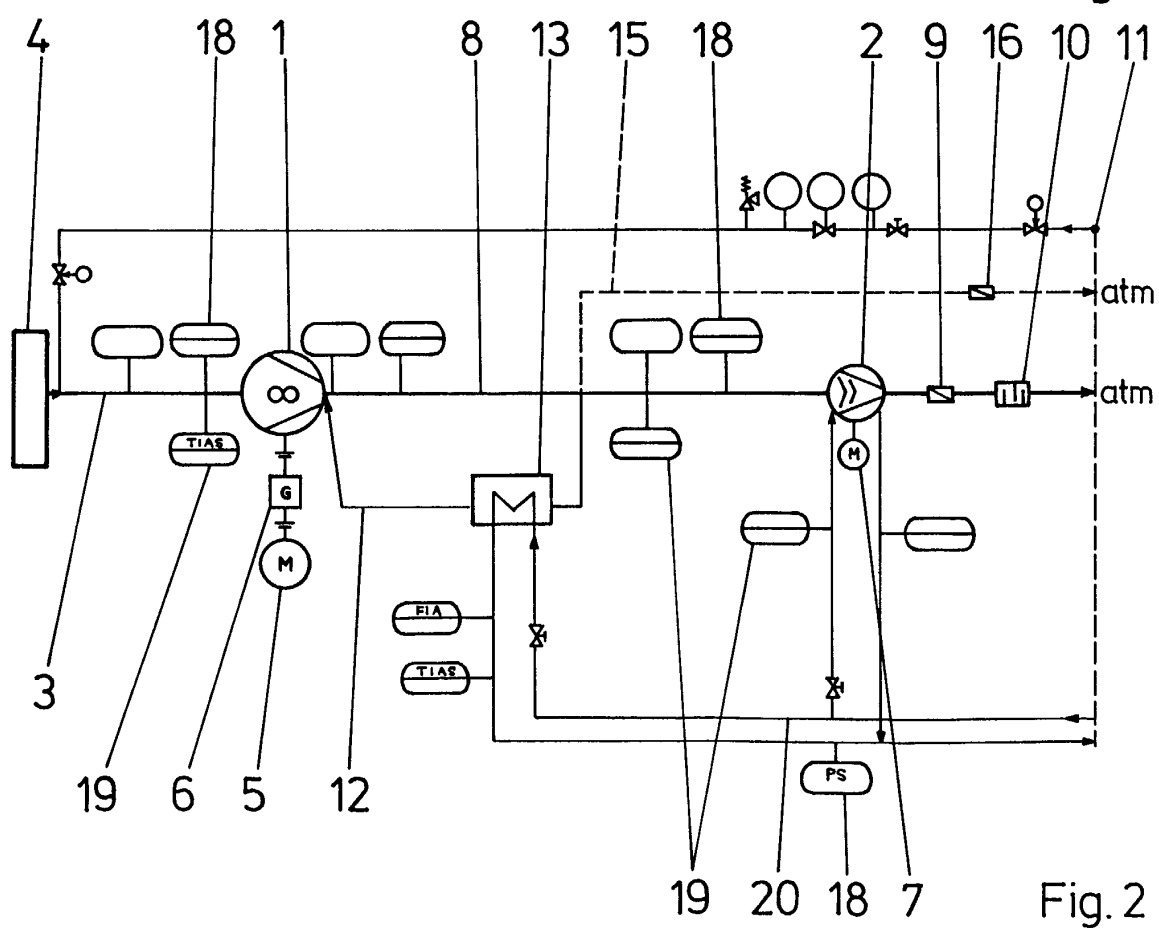
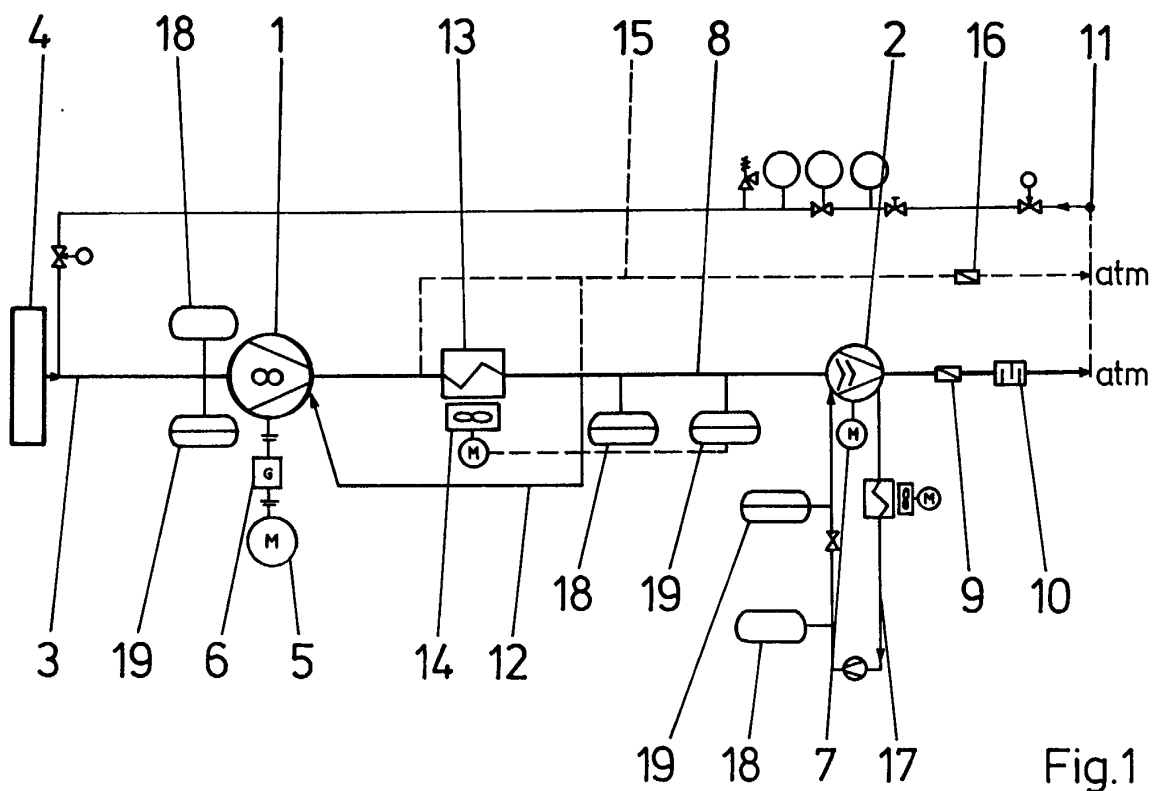
1. Pumpensystem zum Absaugen von Luft oder Prozessgasen aus einem geschlossenen Gefäß, bestehend aus einer Drehkolbenpumpe und einer zur dieser in Reihe geschalteten Schraubenpumpe, wobei die Einlassseite der Drehkolbenpumpe an das zu evakuierende Gefäß angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehkolbenpumpe (1) mit einer Kühlung versehen ist.
2. Pumpensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Arbeitsräume

(36, 37) der Drehkolbenpumpe (1) mit einer Zuleitung (12) für ein gekühltes Gas verbunden sind.

3. Pumpensystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuleitung (12) von einer Verbindungsleitung (8) zwischen der Drehkolben- und der Schraubenpumpe abzweigt. 5
4. Pumpensystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuleitung (12) mit einem Kühler (13) versehen ist. 10
5. Pumpensystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsleitung (8) mit einem Kühler (13) versehen ist und dass die Zuleitung (12) in Strömungsrichtung gesehen hinter dem Kühler (13) abzweigt. 15
6. Pumpensystem nach einen der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuleitung (12) nahe dem Auslass (35) in der oder die Arbeitsräume (36, 37) der Drehkolbenpumpe (1) einmündet. 20
7. Pumpensystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehkolbenpumpe (1) zwei Drehkolben (32, 33) aufweist, die in einem Pumpengehäuse (30) je einen Arbeitsraum (36, 37) einzuschließen vermögen, und dass die Zuleitung (12) sich vor der Drehkolbenpumpe (1) in zwei Teilleitungen aufteilt, die jeweils in einen Arbeitsraum (36, 37) tangential zur Drehkolbenachse nahe dem Auslass (35) einmünden. 25
30
8. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Einmündungen der Zuleitung (12) in die Drehkolbenpumpe (1) so bemessen und angeordnet sind, dass das Verhältnis des Gesamtmassenstroms zum Kühlgasmassenstrom beim Startausgangsdruck zwischen 7 und 11 liegt und beim Endausgangsdruck zwischen 1 und 2 liegt und während des Abpumpens entsprechende Zwischenwerte einnimmt. 35
40
9. Pumpensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Verbindungsleitung (8) eine Überströmleitung (15) mit einer Rückschlagklappe (16) zur Atmosphäre geführt ist. 45

50

55



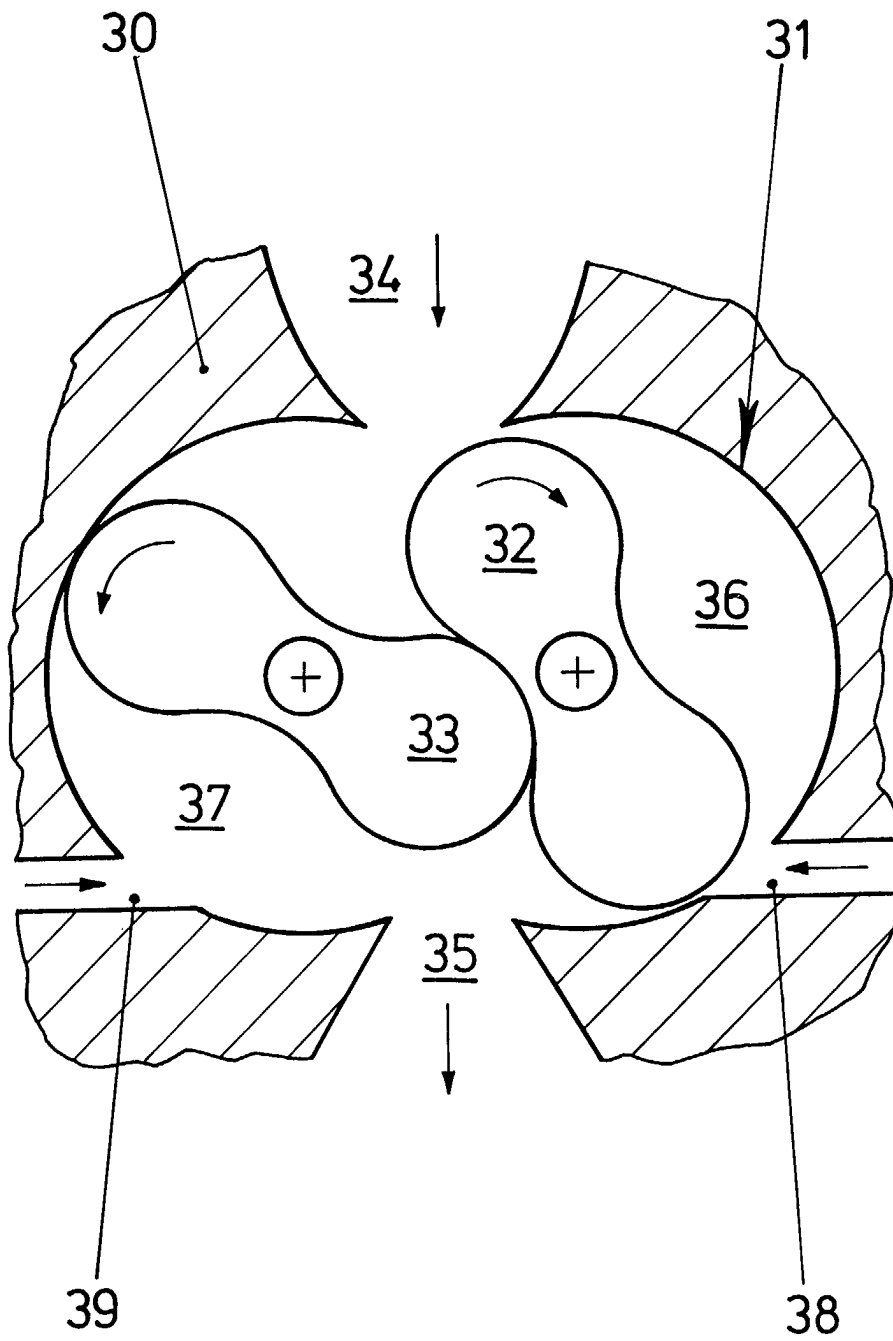


Fig. 3