



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 392 509 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
24.10.2018 Patentblatt 2018/43

(51) Int Cl.:  
**F04D 19/04** (2006.01)      **F04D 27/02** (2006.01)  
**F04B 37/14** (2006.01)      **F04B 49/03** (2006.01)  
**F04C 25/02** (2006.01)      **F04C 28/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 18167650.3

(22) Anmeldetag: 17.04.2018

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

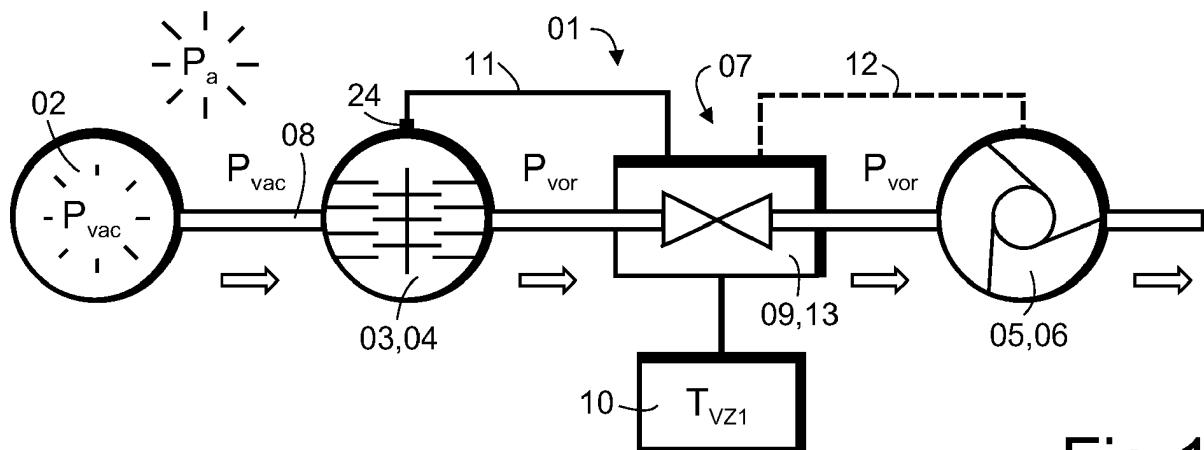
(30) Priorität: 23.04.2017 DE 102017004066

(71) Anmelder: **Alfred-Wegener-Institut  
Helmholtz-Zentrum für Polar- und  
Meeresforschung  
27570 Bremerhaven (DE)**  
 (72) Erfinder: **Schönicke, Lutz  
14473 Potsdam (DE)**

### (54) VAKUUMSYSTEM ZUR ERZEUGUNG VON ZUMINDEST EINEM HOCHVAKUUM IN EINEM REZIPIENTEN

(57) Um einen Rezipienten im Hochvakuum zu betreiben, wird in der Regel ein zweistufiges Vakuumsystem mit einer Endvakuumpumpe und einer Vorvakuumpumpe eingesetzt. Bei einem Stromausfall werden die Vakuumpumpen langsam belüftet. Es können störende Rückdiffusionen, insbesondere von nasslaufenden, speziell ölgedichteten Vorvakuumpumpen, auftreten, außerdem wird der Rezipient belüftet. Säuberungsarbeiten und erneutes Aufbauen des Hochvakuums sind aber zeit- und kostenaufwändig. Erfindungsgemäß wird zwischen Endvakuumpumpe (03) und Vorvakuumpumpe (05) ein erstes Ventil (09) vorgesehen, das bei einem Stromausfall schlagartig geschlossen wird und das

Hochvakuum ( $P_{vac}$ ) und die Endvakuumpumpe (03) über Stunden sichert. Nach Stromrückkehr wird das erste Ventil (09), bei dem es sich um ein elektropneumatisches Magnetventil (13) handeln kann, erst nach einer an einer Verzögerungseinrichtung (10) einstellbaren Zeitverzögerung ( $T_{VZ1}$ ) wieder geöffnet, sodass dann ein sicherer Pumpenbetrieb gewährleistet ist, der Rückdiffusionen und Belüftungen verhindert. Als Modifikation kann analog an der Vorvakuumpumpe (05) ein zweites Ventil (14) vorgesehen sein. Derartige Rezipienten (01) werden beispielsweise in der Massenspektrometrie zur Materialanalyse im Zusammenhang mit Klimaforschung eingesetzt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Vakuumssystem zur Erzeugung von zumindest einem Hochvakuum in einem Rezipienten mit zumindest einer Endvakuumpumpe zur Erzeugung von zumindest dem Hochvakuum und einer Vorvakuumpumpe zur Erzeugung von zumindest einem Feinvakuum und mit einer betriebsabhängig gesteuerten Ventileinrichtung zum druckdichten Verschließen des Rezipienten bei einer Betriebsstörung, wobei Rezipient, Endvakuumpumpe, Vorvakuumpumpe und Ventileinrichtung über eine druckdichte Verbindungsleitung miteinander in Reihe geschaltet sind und wobei zur Erhaltung des Hochvakuums im Rezipienten während einer Betriebsstörung die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung zumindest ein erstes Ventil mit einer ersten Verzögerungseinrichtung, an der eine Zeitkonstante einstellbar ist, aufweist, das zwischen der Endvakuumpumpe und der Vorvakuumpumpe angeordnet ist.

**[0002]** In der Vakuumtechnik ist der Rezipient eine vakuumdichte Kammer aus Glas oder in der Regel Edelstahl, in der nach Absaugen der enthaltenen Gase mit Hilfe von Vakuumpumpen ein technisches Vakuum herrscht. Im Gegensatz zu einem idealen partikelfreien Vakuum ist ein technisches Vakuum mit Restpartikeln mit technischen Mittel erreichbar. Zur Erzeugung extremer technischer Vakua kann die Vakuumkammer auch hochgeheizt oder tiefgekühlt werden. An das Feinvakuum FV (1 bis  $10^{-3}$  hPa (mbar)) schließt sich das Hochvakuum HV ( $10^{-3}$  bis  $10^{-7}$  hPa (mbar)) an. Es folgen Ultrahochvakuum UHV ( $10^{-7}$  bis  $10^{-12}$  hPa (mbar)) und extrem hohes Vakuum XHV ( $< 10^{-12}$  hPa (mbar)). Eine häufige Anwendung für einen Rezipienten mit einem Hochvakuum ist die Massenspektrometrie, ein Verfahren zur Massebestimmung von Atomen oder Molekülen zur Charakterisierung von chemischen Verbindungen, wie sie beispielsweise in der Biochemie, Geologie und Klimatologie benötigt wird. Das zum Betrieb eines Massenspektrometers erforderliche Hochvakuum wird heute in der Regel durch die Reihenschaltung einer Turbomolekularpumpe mit einer Drehschieberpumpe erzeugt. Dabei erzeugt die Turbomolekularpumpe als Endvakuumpumpe auf ihrer Ansaugseite das Endvakuum im Rezipienten und die Drehschieberpumpe als Vorvakuumpumpe auf ihrer Ansaugseite das Feinvakuum auf der Ausstoßseite der Turbomolekularpumpe. Auf ihrer Ausstoßseite arbeitet die Drehschieberpumpe gegen den Atmosphärendruck.

**[0003]** Bei einem Hochvakuum befinden sich nur noch sehr wenige, nämlich  $10^{13}$  bis  $10^9$  Moleküle in  $1 \text{ cm}^3$  Volumen. Daher ist es technisch sehr aufwändig und zeitlich sehr langwierig, ein derart qualitativ hochwertiges Vakuum zu erzeugen. Der Normalfall bei einer Betriebsstörung des Vakuumssystems, insbesondere bei einem Funktionsausfall der Vakuumpumpen durch einen Stromausfall oder durch eine Verschmutzung oder Beschädigung, besteht in der Auflösung des Vakuums

durch langsames vollständiges oder teilweises Belüften der Vakuumkammer. Nach Behebung der Betriebsstörung muss aber der zeitaufwändige Prozess zur Erreichung eines erneuten Vakuums in der Vakuumkammer durchfahren werden. Gegebenenfalls müssen auch die Vakuumkammer und ihre Peripherie zunächst gereinigt werden, wenn Materiepartikel aus den Pumpen oder der Umgebung in den Rezipienten rückdiffundiert sind. Dies alles sind extrem unerwünschte Störungen in einem Messbetrieb. Dementsprechend ist es erstrebenswert und von großem Vorteil, ein erzeugtes Vakuum in einer Vakuumkammer auch bei einer Betriebsstörung des Vakuumssystems aufrechtzuerhalten. Dafür werden im Stand der Technik verschiedene Lösungen angeboten.

## Stand der Technik

**[0004]** Als Alternative zur vollständigen oder auch teilweisen Belüftung des Rezipienten bei einer Betriebsstörung wird im Stand der Technik unter anderem vorgeschlagen, die Vakuumpumpen zu belüften. Erreichen diese Umgebungs- bzw. Atmosphärendruck, können dann Wasser- oder Ölnebel oder -dämpfe bei nasslauenden Vakuumpumpen und Gase bei mit Gasballast arbeitenden Vakuumpumpen nicht in den Rezipienten eingesogen werden. Ohne Vorsehen weiterer Ventile wird dabei zwangsläufig dann aber auch der Rezipient belüftet. Eine Belüftung des Rezipienten wird vermieden gemäß der DE 38 17 581 A1, die eine spezielle Ventileinrichtung mit einem Magnetventil und einem Federventil mit Puffervolumen zwischen dem Rezipienten und der Vakuumpumpe offenbart. Bei einem Stromausfall wird die Vakuumpumpe über das sich öffnende Magnetventil belüftet und gleichzeitig der Rezipient über das sich schließende Federventil verschlossen, sodass das Hochvakuum im Rezipienten während der Betriebsstörung erhalten bleibt. Nach Rückkehr des Stroms wird zunächst das Magnetventil geschlossen, sodass die Belüftung der Vakuumpumpe beendet wird. Erst, wenn die Vakuumpumpe wieder ihren Betriebszustand erreicht hat, wird das Federventil für den Rezipienten wieder geöffnet. Ähnliches ist aus der DD 271 545 A1 bekannt, die die Anordnung einer speziellen Ventileinrichtung mit einem Federventil und einem eigenen Belüftungsventil zwischen Rezipient und Drehschieberpumpe beschreibt, über die bei einem Stromausfall der Rezipient druckdicht verschlossen und die Drehschieberpumpe möglichst schnell belüftet wird. Nach Rückkehr des Stroms wird die Belüftung der Drehschieberpumpe verschlossen und der Rezipient erst wieder geöffnet, wenn zwischen Rezipient und Drehschieberpumpe nahezu der gleiche Druck herrscht. In beiden Fällen handelt es sich um spezielle und relativ aufwändige technische Konstruktionen eines Vakuum-Sicherheitsventils mit einem elektromechanischen Antrieb.

**[0005]** Weiterhin ist es beispielsweise aus der DE 100 48 210 B4 oder der DE 199 29 519 A1 bekannt, eine Vorvakuumpumpe sowohl als Vorstufe für eine Endva-

kuumpumpe hinter einem Rezipienten als auch direkt für einen parallelen Vorrezipienten in einem gemeinsamen Aufbau einzusetzen, wie er beispielsweise für Schleusungsvorgänge in den Rezipienten benötigt wird. Dazu ist ein Magnetventil zwischen der Endvakuumpumpe und der Vorvakuumpumpe angeordnet. Dieses riegelt die Endvakuumpumpe und damit den Rezipienten druckdicht ab, wenn die Vorvakuumpumpe für den Vorrezipienten arbeitet.

**[0006]** Weiterhin ist es aus der Veröffentlichung. "Neues Hochvakuum für CCD-Kamera 2" von H.R. Schäfer (im Internet abgerufen 22.04.2017 unter der URL <http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/publikationen/kameraevakuierung.pdf>) bekannt, in einem Laboraufbau die Vakuumkammer einer CCD-Kamera als Rezipienten erneut zu evakuieren, wenn das herstellerseitig implementierte Hochvakuum nachgelassen hat. Das erneute Hochvakuum wird zweistufig mittels einer Turbomolekularpumpe als Endvakuumpumpe und einer ölgeschmierten Drehschieberpumpe als Vorvakumpumpe erzeugt. Um bei einem Stromausfall oder einer sonstigen Betriebsstörung der beiden Vakuumpumpen ein Verschmutzen des Rezipienten zu vermeiden, ist direkt hinter dem Rezipienten ein einfaches Hochvakuum-Magnetventil angeordnet, das bei einer Betriebsstörung sofort geschlossen wird. Rezipient, Magnetventil, Endvakuumpumpe und Vorvakuumpumpe sind über eine abzweiglose druckdichte Verbindungsleitung miteinander in Reihe geschaltet. Das Magnetventil ist elektrisch mit dem Alarmausgang der Steuerelektronik der Turbomolekularpumpe verbunden. Da die Turbomolekularpumpe im Hochvakuum nahezu reibungsfrei arbeitet, braucht sie bei einem Stromausfall eine gewisse Zeit, bis sie die volle Drehzahl und damit das Hochvakuum verliert. Daher ist die Schließzeit des Magnetventils zur Vermeidung von Rückdiffusion in den Rezipienten völlig ausreichend. Zur erneuten Evakuierung wird das Magnetventil zunächst geschlossen und die beiden Vakumpumpen hochgefahren. Nach ca. 20 min. Betriebszeit wird das Magnetventil dann geöffnet und Hochvakuum im Rezipienten erzeugt. Da es sich im Stand der Technik um einen einmaligen Vorgang zur dauerhaften Erreichung des Hochvakuums in der CCD-Kamera handelt, kann eine derart lange Verzögerungszeit bis zur Öffnung des Magnetventils durchaus in Kauf genommen werden. Außerdem könnten Kontaminierungen, die bis zum Öffnen des Magnetventils direkt hinter dem Rezipienten über die Drehschieberpumpe in die Turbomolekularpumpe vordringen konnten, beim Öffnen des Magnetventils in den Rezipienten gelangen, was entweder zu einer Verlängerung der Pumpzeit bis zum Erreichen des Endvakuums oder sogar zu Verschmutzungen führen kann.

**[0007]** Der der Erfindung nächstliegende Stand der Technik wird in der DE 199 13 593 A1 beschrieben. Hieraus ist ein Vakuumsystem bekannt, das der Erzeugung von einem Hochvakuum dient. Das Vakuumsystem umfasst einen Rezipienten, eine Endvakuumpumpe zur Er-

zeugung des Endvakuums, eine Vorvakuumpumpe zur Erzeugung eines Feinvakuums und eine betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung zum druckdichten Verschließen des Rezipienten bei einer Betriebsstörung.

5 Dabei sind Rezipient, Endvakuumpumpe, Vorvakuumpumpe und Ventileinrichtung über eine druckdichte Verbindungsleitung miteinander in Reihe geschaltet. Zur Erhaltung des Hochvakuums im Rezipienten während einer Betriebsstörung weist die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung ein Ventil mit einer Verzögerungseinrichtung auf, an der eine Zeitkonstante einstellbar ist. Das Ventil ist zwischen der Endvakuumpumpe und der Vorvakuumpumpe angeordnet. Das bekannte Vakuumsystem arbeitet als aktives System durchgängig druckabhängig. Druckverändernde Betriebsstörungen, wie beispielsweise ein mechanisch- oder verschmutzungsbedingter Teil- oder Vollaufstand der Vorvakuumpumpe, werden von einem kapazitiven Drucksensor, der in einem Abzweig in der Verbindungsleitung zwischen der Endvakuumpumpe und dem Ventil angeordnet ist, detektiert und in einer Steuereinrichtung verarbeitet. Wenn ein ungewollter Druckanstieg auftritt, ist das Ventil bereits geöffnet. Die Steuereinrichtung erzeugt bei Erreichen eines Fehlerschwellenwerts einen Steuerbefehl, der den anliegenden Steuerbefehl zum Öffnen des Ventils übersteuert und das Ventil nach der sich entsprechend einstellenden Zeitverzögerung aktiv schließt. Detektiert der Drucksensor einen Druckwert, der wieder unterhalb des Fehlerschwellenwerts liegt, wird nach einer an der Verzögerungseinrichtung konstant eingestellten Zeitverzögerung, in der die Vorvakuumpumpe die Verbindungsleitung zum Ventil evakuiert, das Ventil wieder durch einen Steuerbefehl geöffnet. Das bekannte Vakuumsystem ist somit ein aktives System und benötigt für seine korrekte Funktionsweise immer eine Stromzufuhr. Bei einem Stromausfall kann es nicht agieren, weil keine Steuerbefehle für das Ventil generiert werden können. Das Vakuumsystem verharrt in seinem Zustand bei Stromausfall.

#### 40 Aufgabenstellung

**[0008]** Ausgehend von dem zuvor erläuterten nächstliegenden Stand der Technik ist die Aufgabe für die vorliegende Erfindung darin zu sehen, das eingangs beschriebene gattungsgemäße Vakuumsystem so weiterzubilden, dass es für einen professionellen Messaufbau mit dauerhaften Messkampagnen geeignet ist und die druckdichte Aufrechterhaltung von einem im Rezipienten herrschenden Hochvakuum bei einem Stromausfall als Betriebsstörung mit einem Ausfall der Vakuumpumpen sicher gewährleistet. Dabei sollen einfache und handelsübliche Mittel eingesetzt werden. Die Lösung für diese Aufgabe ist dem Hauptanspruch zu entnehmen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen aufgezeigt und im Folgenden im Zusammenhang mit der Erfindung näher erläutert.

**[0009]** Das beanspruchte Vakuumsystem ist erfin-

dungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsleitung abzweiglos ausgebildet ist, das Ventil bei einem Stromausfall als Betriebsstörung unverzögert automatisch geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit der an der ersten Verzögerungseinrichtung einstellbaren Zeitkonstante automatisch geöffnet wird und dass zumindest die Endvakuumpumpe kein eigenes Belüftungsventil aufweist.

**[0010]** Bei dem erfundungsgemäßen Vakuumsystem ist die Verbindungsleitung zwischen Rezipient, Endvakuumpumpe, Vorvakuumpumpe und Ventileinrichtung abzweiglos ausgebildet. Insbesondere sind keine Drucksensoren vorgesehen, die nur unter Stromzufuhr arbeiten und zusätzliche Verzögerungen erzeugen. Deshalb kann das beanspruchte Vakuumsystem zwar nicht auf Betriebsstörungen mit hervorgerufenen Druckschwankungen reagieren, dafür aber umso schneller auf einen Stromausfall. Dabei schließt das Ventil schlagartig automatisch, d.h. ohne Steuerbefehl selbsttätig, und schützt damit nicht nur den Rezipienten, sondern auch die Endvakuumpumpe, die bei der Erfindung kein eigenes Belüftungsventil aufweist. Sowohl im Rezipienten als auch in der Endvakuumpumpe wird zuverlässig über mehrere Stunden bzw. während des gesamten Stromausfalls das herrschende Hochvakuum aufrechterhalten. Ist der Stromausfall beendet, werden Rezipient und Endvakuumpumpe nicht sofort wieder freigegeben. Dies erfolgt erst nach einer vorgegebenen Zeitverzögerung, sodass sichergestellt ist, dass sich die Vorvakuumpumpe bereits wieder im Betriebszustand befindet. Die Zeitverzögerung wird an der ersten Verzögerungseinrichtung am ersten Ventil eingestellt. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine handelsübliche Zeitschaltuhr handeln. Somit kann das Sicherheitssystem des erfundungsgemäßen Vakuumsystems als einfacher, kostengünstiger Block ausgebildet sein, der lediglich aus dem Ventil und einer einfachen Zeitschaltuhr besteht. Ein derartiger Block eignet sich besonders gut für die Nachrüstung von bestehenden Vakuumsystemen.

**[0011]** Eine Belüftung der Endvakuumpumpe und/oder der Vorvakuumpumpe ist bei der Erfindung nicht zwingend erforderlich. Für bestimmte Betriebszustände unabhängig vom Normalbetrieb, beispielsweise einer Wartung mit einer Belüftung des Rezipienten, ist es gemäß einer ersten Fortbildung der Erfindung aber bevorzugt und vorteilhaft, wenn das erste Ventil auch als Belüftungsventil der Endvakuumpumpe ausgebildet ist, wobei die Belüftungsfunktion bei Stromausfall unterdrückt ist. Bei solchen Betriebszuständen wird dann zunächst die Vorvakuumpumpe aus dem Betrieb genommen, sodass beim Belüften der Endvakuumpumpe keine Verschmutzungen von der Vorvakuumpumpe eindiffundieren können.

**[0012]** Gemäß einer nächsten vorteilhaften Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung ein zweites Ventil mit einer zweiten Verzögerungseinrichtung aufweist, das auf der von der Endvakuumpumpe abgewandten Seite

der Vorvakuumpumpe angeordnet ist und bei Stromausfall unverzögert geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit einer einstellbaren Zeitkonstante geöffnet wird, wobei auch die Vorvakuumpumpe kein eigenes Belüftungsventil aufweist. Die Zeitverzögerung wird an der zweiten Verzögerungseinrichtung am zweiten Ventil eingestellt. Hierbei kann es sich ebenfalls beispielsweise um eine handelsübliche Zeitschaltuhr handeln. Bei dieser Ausgestaltung wird sichergestellt, dass bei Stromausfall auch in der Vorvakuumpumpe das Vorvakuum erhalten bleibt, sodass nach Stromrückkehr das gesamte Vakuumsystem sofort wieder betriebsbereit ist. Eine Belüftung der Vorvakuumpumpe ist ebenfalls nicht zwingend erforderlich. Um aber auch bei dieser Variante die Belüftung der Vorvakuumpumpe für spezielle Betriebszustände ermöglichen zu können, ist es gemäß einer nächsten Erfindungsausgestaltung vorteilhaft und bevorzugt, wenn das zweite Ventil auch als Belüftungsventil der Vorvakuumpumpe ausgebildet ist, wobei die Belüftungsfunktion bei Stromausfall unterdrückt ist. Eine Belüftung ist damit - wie bei der Endvakuumpumpe-nur außerhalb eines Stromausfalls, beispielsweise bei einem Wartungsvorgang möglich. Während eines unerwünschten Stromausfalls hingegen wird das Vakuum sicher gehalten und nicht belüftet.

**[0013]** Werden sowohl die Endvakuumpumpe als auch die Vorvakuumpumpe mit schnell schließenden Ventilen versehen und besitzen beide Vakuumpumpen keine eigenen Belüftungsventile, so kann mit der Erfindung bei einem plötzlichen Stromausfall das Hochvakuum im Rezipienten und damit die schnellstmögliche Betriebsaufnahme nach Beendigung des Stromausfalls sicher garantiert werden. Damit wird die kürzestmögliche Betriebsunterbrechung einer laufenden Messung beispielsweise in einem Massenspektrometer als Rezipienten erreicht, was für den Betreiber des Vakuumsystems Zeit und Kosten spart. Dabei ist es denkbar, dass der Betreiber von dem Stromausfall zunächst überhaupt keine Kenntnis nimmt. Um nach Stromrückkehr automatisch zu gewährleisten ist, dass keine Rückdiffusion in die Vorvakuumpumpe, die Endvakuumpumpe und schlussendlich in den Rezipienten erfolgen kann, bis die Vakuumpumpen wieder vollständig angelaufen sind, ist bei der Erfindung vorgesehen, die Ventile nach Rückkehr des Stroms zeitverzögert zu öffnen. Dabei ist es gemäß einer weiteren Erfindungsausgestaltung bevorzugt und vorteilhaft, wenn die Zeitkonstante bei der Zeitverzögerung der ersten Verzögerungseinrichtung des ersten Ventils und/oder der zweiten Verzögerungseinrichtung des zweiten Ventils in einem Bereich zwischen 8s und 12s, insbesondere 10 s, eingestellt sind. Wenn nur die Endvakuumpumpe durch das erste Ventil abgedichtet ist, die Vorvakuumpumpe bei Stromausfall aber belüftet wird, ist es sinnvoll, wenn die beide Vakuumpumpen zunächst 8s bis 12s, insbesondere 10 s, laufen, bevor das erste Ventil geöffnet wird und die Verbindung zur Endvakuumpumpe freigibt. Anstehende Verschmutzungen in der Vorvakuumpumpe oder am ersten Ventil können so vor

Öffnen des ersten Ventils vor der Endvakuumpumpe zunächst von der Vorvakumpumpe abgesaugt werden. Wenn auch die Vorvakumpumpe durch das zweite Ventil bei Stromausfall geschlossen wurde, können keine Verschmutzungen eindringen und maximal vor dem zweiten Ventil anstehen. Damit diese beim Wiederanlauf aber nicht in die Vorvakumpumpe eingesogen werden, ist es auch hier sinnvoll, dass beide Vakumpumpen erst 8s bis 12s, insbesondere 10 s, laufen, bevor dann beide Ventile geöffnet werden. Andere Zeitkonstanten zur Einstellung der Verzögerungszeit an den beiden Ventilen sind ohne weiteres möglich. Diese können länger, aber auch kürzer oder auch an beiden Ventilen unterschiedlich sein. Weiterhin ist es bevorzugt und vorteilhaft, wenn beide Verzögerungseinrichtungen in einer gemeinsamen Steuereinrichtung integriert sind. Dann wird beispielsweise mit einer gemeinsamen Zeitschaltuhr als Teil der Ventileinrichtung die Öffnungszeit des ersten und des zweiten Ventils gesteuert.

**[0014]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ventile mit speziellen Konstruktionen zur Umsetzung ihrer besonderen Funktionen, beispielsweise Vakumpumpe belüften und Rezipient abdichten, bekannt. Bei der Erfindung hingegen können besonders vorteilhaft und bevorzugt einfache Magnetventile eingesetzt werden, die elektropneumatisch betrieben werden. Bei Magnetventilen handelt es sich um kommerziell beziehbare Ventile ohne Sonderkonstruktionen. Bei einer elektropneumatischen Betätigung wird ein elektrisches Signal in ein pneumatisches Signal umgewandelt. Diese Ventile besitzen ein direkt betätigtes Ventil, das nach Eingang eines elektrischen Signals eine pneumatische Betätigung ansteuert. Der große Vorteil bei einer pneumatischen Betätigung ist die extrem kurze Schließzeit solcher Ventile. Im Falle eines Stromausfalls ist es bei der Erfindung bevorzugt und vorteilhaft, wenn zumindest das erste Ventil elektrisch mit einem Alarmausgang der Endvakumpumpe und/oder der Vorvakumpumpe verbunden ist. Ein auftretendes Störsignal löst dann automatisch das erste Ventil aus. Dieses wird schlagartig geschlossen und sichert das Hochvakuum im Rezipienten. Dies gilt auch für das zweite Ventil, wenn dieses auch mit dem Alarmausgang der Endvakumpumpe und/oder der Vorvakumpumpe verbunden ist. Dadurch und durch die pneumatische Unterstützung kann eine besonders schnelle Schließung der Ventile bei einem plötzlichen Stromausfall und damit eine besonders gute Erhaltung des Hochvakuums im Rezipienten gewährleistet werden. Im Betriebsfall werden die Magnetventile durch den Stromfluss offen gehalten.

**[0015]** Weiterhin ist es bei der Erfindung bevorzugt und vorteilhaft, wenn die Endvakumpumpe von einer Turbomolekularpumpe gebildet ist. Bei einer Molekularpumpe wird der Effekt ausgenutzt, dass auf eine Wandung auftreffende Teilchen eine kurze Zeit zwischen Adsorption und Desorption an der Wandung verharren. Bei der Turbomolekularpumpe handelt es sich um eine trockenlaufende Gastransferpumpe, die aus einer ein- oder

mehrstufig abwechselnden Anordnung von schrägstehenden Leitblechen als Stäben besteht, zwischen denen Rotoren mit schrägstehenden Rotorblättern laufen. Die Geschwindigkeit der Rotorblätter liegt ungefähr in der Größenordnung der mittleren thermischen Geschwindigkeit der zu evakuierenden Gasmoleküle. Die Pumpwirkung resultiert nun daraus, dass den vorhandenen Atomen und Teilchen während ihres Verharrens auf den schrägen Flächen Impulse mit einer axialen Komponente zugefügt werden. Dadurch werden sie durch den Pumpenraum und damit aus dem Rezipienten herausbefördert. Weiterhin ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt und vorteilhaft, wenn die Vorvakumpumpe als nasslaufende Drehschieberpumpe, insbesondere ölgedichtet, ausgebildet ist. Hierbei handelt es sich nasslaufende Verdrängerpumpe, die aus einem Hohlzylinder als Stator besteht, in dem ein weiterer Zylinder als Rotor rotiert, der von einem Exzenter entlang der Gehäusewand geführt wird. Der Kolben ist mit einem hohlen Schieber verbunden, welcher schwenkbar im Gehäuse gelagert ist und den sichelförmigen Arbeitsraum in eine Saugseite und eine Druckseite aufteilt. Die Vakumpumpe ist mit Öl gefüllt, das deren Schmierung gewährleistet und zur Abdichtung des Pumpenraums und des Druckventils dient. Bei Stromausfall kann es aber dazu kommen, dass Ölnebel in den Vakuumbereich diffundieren und zu unerwünschten Verschmutzungen führen. Nähere Erläuterungen zur Ausführung des mit der Erfindung beanspruchten Vakumsystems und seinen Komponenten sind den nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispielen zu entnehmen.

#### Ausführungsbeispiele

**[0016]** Nachfolgend werden das Vakumsystem zur Erzeugung von zumindest einem Hochvakuum in einem Rezipienten nach der Erfindung und seine vorteilhaften Modifikationen anhand der schematischen Figuren zum besseren Verständnis der Erfindung noch weitergehend erläutert. Dabei zeigt die

- Fig. 1** den schematischen Aufbau eines zweistufigen Vakumsystems mit einem Ventil,
- Fig. 2** den schematischen Aufbau eines zweistufigen Vakumsystems mit zwei Ventilen und
- Fig. 3** den schematischen Aufbau eines zweistufigen Vakumsystems mit zwei Ventilen, die gleichzeitig als Belüftungsventile fungieren.

**[0017]** In der **Fig. 1** ist ein zweistufiges Vakumsystem **01** dargestellt, das der Erzeugung eines Hochvakuums  $P_{vac}$  in einem Rezipienten **02** dient. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Rezipient **02** (Vakuumkammer) Teil eines nicht weiter dargestellten Massenspektrometers, mit dem die Zusammensetzung von Eisbohrkernen analysiert werden soll. An den Rezipienten **02** ist eine Endvakumpumpe **03** angeschlossen, beispielsweise eine Turbomolekularpumpe **04**. Auf ihrer Ansaugseite er-

zeugt die Endvakuumpumpe **03** das Hochvakuum  $P_{vac}$ , das im Inneren des Rezipienten **02** herrscht. Auf ihrer Ausstoßseite steht ein Druck  $P_{vor}$  eines Feinvakuums (Vorvakuum) an, der von einer vorgeschalteten Vorvakuumpumpe **05** erzeugt wird. Hier handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine ölgedichtete Dreh-schieberpumpe **06**. Diese arbeitet zwischen den Drücken  $P_{vor}$  auf ihrer Ansaugseite und dem Umgebungsdruck  $P_a$  auf ihrer Ausstoßseite. Zwischen der Endvakuumpumpe **03** und der Vorvakuumpumpe **05** ist eine betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung **07** zum druckdichten Verschließen des Rezipienten **02** bei einem Stromausfall angeordnet. Alle Komponenten Rezipient **02**, Endvakuumpumpe **03**, Vorvakuumpumpe **05** und Ventileinrichtung **07** sind über eine abzweiglose druckdichte Verbindungsleitung **08** miteinander in Reihe geschaltet. Das herrschende Druckgefälle wird durch die Pfeile (Pumprichtung) angedeutet. Durch die Linearität der Verbindungsleitung **08** ist sicher gewährleistet, dass bei Stromausfall das Hochvakuum  $P_{vac}$  sicher aufrechterhalten wird und nicht über abzweigende Verbindungsleitungen, beispielsweise zu weiteren Druckkammern mit Schleusenfunktionen, belüftet wird. Andere Vakuumssysteme **01** können auch drei- oder mehrstufig ausgebildet sein, je nach Einsatzfall und Leistungsfähigkeit der eingesetzten Vakuumpumpen **03, 05**.

**[0018]** In der **Fig. 1** ist weiterhin schematisch dargestellt, dass zur Erhaltung des Hochvakuums im Rezipienten **02** während eines Stromausfalls die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung **07** zumindest ein erstes Ventil **09** mit einer ersten Verzögerungseinrichtung **10** aufweist. Dieses erste Ventil **09** ist in der unverzweigten Verbindungsleitung **08** zwischen der Endvakuumpumpe **03** und der Vorvakuumpumpe **05** angeordnet. Dieses erste Ventil **09** dient dem Schutz des Rezipienten **02** während eines Stromausfalls, indem es beispielsweise bei einem Stromausfall den Rezipienten **02** druckdicht geschlossen wird und so verhindert, dass das Hochvakuum  $P_{vac}$  in seinem Inneren zerstört wird. Dies ist nämlich normalerweise bei einem Stromausfall und damit bei einem Aufhören des Pumpbetriebs der Fall: über ein spezielles Belüftungsventil wird die Endvakuumpumpe **03** langsam belüftet, um zu vermeiden, dass Ölnebel von der Vorvakuumpumpe **05** zurückslagen. Bei dem Vakuumsystem **01** nach der Erfindung weist hingegen die Endvakuumpumpe **03** kein eigenes Belüftungsventil auf. Vorhandene Belüftungsventile können einfach durch Blindstopfen ersetzt werden. Das druckdicht verschlossene erste Ventil **09** sorgt dafür, dass keine Ölnebel in die Endvakuumpumpe **03** eindringen können.

**[0019]** Bei einem Stromausfall wird das erste Ventil **09** automatisch geschlossen. Dazu ist es beispielsweise über eine elektrische Leitung **11** mit dem Alarmausgang **24** der Endvakuumpumpe **03** elektrisch verbunden. Wird am Alarmausgang der Endvakuumpumpe ein Warnsignal generiert, weil sich der Pumpenlauf durch Stromausfall bis zum Stillstand verlangsamt, führt dieses Signal zum sofortigen Schließen des ersten Ventils **09**. Weiter-

hin ist durch eine zweite elektrische Leitung **12** gestrichelt angedeutet, dass ein auslösendes Alarmsignal auch von der Vorvakuumpumpe **05** kommen kann. Dadurch werden beide Vakuumpumpen **03, 05** in ihrem jeweiligen Betriebszustand beobachtet. Das erste Ventil **09** kann seinen Schließbefehl aber auch direkt durch den Stromausfall erhalten. Im gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem ersten Ventil **09** um ein erstes elektropneumatisch betriebenes Magnetventil **13**, das im Betriebsfall unter Strom offen ist. Bei einem Stromausfall fällt eine elektromagnetisch angezogene Schaltplatte automatisch ab und erzeugt einen pneumatischen Impuls, der zum sofortigen Schließen des Magnetventils **13** führt.

**[0020]** Nach Behebung der Betriebsstörung, also nach Rückkehr des Stroms, tritt die Verzögerungseinrichtung **10** in Aktion. Sie ist mit einer Verzögerungszeit  $T_{VZ1}$  eingestellt und bestimmt den Zeitpunkt, wann das Ventil **09** wieder öffnen darf. In der Regel reicht ein Zeitraum von 8s bis 12s aus, um sicher zu gewährleisten, dass die Vakuumpumpen **03, 05** wieder ordnungsgemäß arbeiten. Wird das Ventil **09** also wieder bei  $T_{VZ1} = 10s$  geöffnet, ist sicher gewährleistet, dass keine Ölnebel aus der Vorvakuumpumpe **05** in die Endvakuumpumpe **03** gelangen, weil die Vorkauumpumpe **05** die Ölnebel wieder bereits in Richtung Umgebungsdruck  $P_a$  abpumpt.

**[0021]** In der **Fig. 2** ist eine Ausführungsform der Erfindung aufgezeigt, bei der die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung **07** ein zweites Ventil **14** mit einer zweiten Verzögerungseinrichtung **15** aufweist, das auf der von der Endvakuumpumpe **03** abgewandten Seite der Vorvakuumpumpe **05** angeordnet ist. Dieses zweite Ventil **14** ist in völliger Analogie zu dem oben beschriebenen ersten Ventil **09** zu sehen, wobei nunmehr auch die Vorvakuumpumpe **05** kein eigenes Belüftungsventil aufweist. Vorhandene Belüftungsventile können einfach durch Blindstopfen ersetzt werden. Das zweite Ventil **14** erfüllt die gleiche Funktion wie das erste Ventil **09**, allerdings ist es der Vorvakuumpumpe **05** zugeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird also zusätzlich verhindert, dass das Feinvakuum  $P_{vor}$  bei einem Stromausfall ausfällt. Nach Stromrückkehr kann also auch die Vorvakuumpumpe **05** schneller wieder in den Betrieb gehen. Entsprechend wird dann über die zweite Verzögerungseinrichtung **15** nach einer Verzögerungszeit  $T_{VZ2}$  das zweite Ventil **14** wieder geöffnet. Dabei liegt die zweite Verzögerungszeit  $T_{VZ2}$  wieder in einem Bereich von 10s und ist damit synchron mit der Verzögerungszeit  $T_{VZ1}$  des ersten Ventils **09**. Sie kann aber auch größer oder kleiner sein, je nach Bedarfsfall.

**[0022]** Angesteuert wird das zweite Ventil **14** über eine dritte elektrische Leitung **16**, die mit dem Alarmausgang **25** der Vorvakuumpumpe **05** verbunden ist. Angedeutet ist eine (zusätzliche oder alternative) Aktivierung über eine vierte elektrische Leitung **17**, die wiederum vom Alarmausgang der Endvakuumpumpe **03** kommt. Ebenso kann aber wiederum eine direkte Ansteuerung erfolgen. Bei dem zweiten Ventil **14** handelt es sich im ge-

zeigten Ausführungsbeispiel um ein zweites elektro-pneumatisches Magnetventil 18.

[0023] Die **Fig. 3** zeigt eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung, bei der das erste Ventil 09 als ein erstes Belüftungsventil 19 für die Endvakuumpumpe 03 und das zweite Ventil 14 als ein zweites Belüftungsventil 20 für die Vorvakumpumpe 05 ausgebildet ist. Dazu ist das erste Belüftungsventil 19 über eine erste Entlüftungsleitung 21 mit der Endvakuumpumpe 03 druckdicht verbunden. Weiterhin ist das zweite Belüftungsventil 20 über eine zweite Belüftungsleitung 22 mit der Vorvakumpumpe 05 druckdicht verbunden. Ebenso ist es möglich, dass nur erste Ventil 09 als erstes Belüftungsventil 19 ausgebildet ist und die Vorvakumpumpe 05 über ein eigenes Belüftungsventil verfügt. Die Funktion der Belüftung wird bei den beiden Ventilen 09, 14 aber nur für solche Zwecke aktiviert, in denen bewusst das Feinvakuum bzw. das Vorvakuum aufgegeben werden soll, beispielsweise zu Austauschzwecken der beiden Vakumpumpen 03, 05 oder zu Öffnungszwecken des Rezipienten 02.

[0024] Des Weiteren ist in der **Fig. 3** eine betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung 07 gezeigt, die sowohl das erste und zweite Ventil 09, 14 in der zusätzlichen Funktion als Belüftungsventile 19, 20 als auch die beiden Verzögerungseinrichtungen 10, 15 umfasst. Insbesondere in einer zentralen Steuereinheit 23 können alle Signale erfasst und entsprechend Steuerbefehle einfach, schnell und zuverlässig generiert werden.

#### Bezugszeichenliste

#### [0025]

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 01 | Vakumsystem                    |
| 02 | Rezipient                      |
| 03 | Endvakuumpumpe                 |
| 04 | Turbomolekularpumpe            |
| 05 | Vorvakumpumpe                  |
| 06 | Drehschieberpumpe              |
| 07 | Ventileinrichtung              |
| 08 | Verbindungsleitung             |
| 09 | erstes Ventil                  |
| 10 | erste Verzögerungseinrichtung  |
| 11 | erste elektrische Leitung      |
| 12 | zweite elektrische Leitung     |
| 13 | erstes Magnetventil            |
| 14 | zweites Ventil                 |
| 15 | zweite Verzögerungseinrichtung |
| 16 | dritte elektrische Leitung     |
| 17 | vierte elektrische Leitung     |
| 18 | zweites Magnetventil           |
| 19 | erstes Belüftungsventil        |
| 20 | zweites Belüftungsventil       |
| 21 | erste Belüftungsleitung        |
| 22 | zweite Belüftungsleitung       |
| 23 | zentrale Steuereinheit         |
| 24 | Alarmausgang von 03            |

25 Alarmausgang von 05

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| $P_{vac}$ | Hochvakuum           |
| $P_{vor}$ | Feinvakuum           |
| $P_a$     | Atmosphärendruck     |
| $T_{VZ1}$ | Zeitkonstante von 10 |
| $T_{VZ2}$ | Zeitkonstante von 15 |

#### 10 Patentansprüche

1. Vakumsystem (01) zur Erzeugung von zumindest einem Hochvakuum ( $P_{vac}$ ) in einem Rezipienten (02) mit zumindest einer Endvakuumpumpe (03) zur Erzeugung von zumindest einem Feinvakuum ( $P_{vor}$ ) und mit einer betriebsabhängig gesteuerten Ventileinrichtung (07) zum druckdichten Verschließen des Rezipienten (01) bei einer Betriebsstörung, wobei Rezipient (01), Endvakuumpumpe (03), Vorvakumpumpe (05) und Ventileinrichtung (07) über eine druckdichte Verbindungsleitung (08) miteinander in Reihe geschaltet sind und wobei zur Erhaltung des Hochvakuums ( $P_{vac}$ ) im Rezipienten (02) während einer Betriebsstörung die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung (07) zumindest ein erstes Ventil (09) mit einer ersten Verzögerungseinrichtung (10), an der eine Zeitkonstante ( $T_{VZ1}$ ) einstellbar ist, aufweist, das zwischen der Endvakuumpumpe (03) und der Vorvakumpumpe (05) angeordnet ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Verbindungsleitung (08) abzweiglos ausgebildet ist, dass bei einem Stromausfall als Betriebsstörung zumindest das erste Ventil (09) unverzögert automatisch geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit der an der ersten Verzögerungseinrichtung (10) einstellbaren Zeitkonstante ( $T_{VZ1}$ ) automatisch geöffnet wird und dass zumindest die Endvakuumpumpe (03) kein eigenes Belüftungsventil aufweist.

2. Vakumsystem (01) nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das erste Ventil (09) auch als Belüftungsventil (19) der Endvakuumpumpe (03) ausgebildet ist, wobei die Belüftungsfunktion bei Stromausfall unterdrückt ist.

50 3. Vakumsystem (01) nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung (07) ein zweites Ventil (14) mit einer zweiten Verzögerungseinrichtung (15) aufweist, das auf der von der Endvakuumpumpe (03) abgewandten Seite der Vorvakumpumpe (05) angeordnet ist und bei Stromausfall unverzögert geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit einer an

der zweiten Verzögerungseinrichtung (15) einstellbaren Zeitkonstante ( $T_{VZ2}$ ) geöffnet wird, wobei auch die Vorvakuumpumpe (05) kein eigenes Belüftungsventil aufweist.

12. Vakuumsystem (01) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nasslaufende Drehschieberpumpe (06) mit Öl gedichtet ist.

5

4. Vakuumsystem (01) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Ventil (09) auch als Belüftungsventil (20) der Vorvakuumpumpe (05) ausgebildet ist, wobei die Belüftungsfunktion bei Stromausfall unterdrückt ist. 10

5. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitkonstante ( $T_{VZ1}$ ) der ersten Verzögerungseinrichtung (10) des ersten Ventils (09) in einem Bereich zwischen 8s und 12s eingestellt ist. 15

6. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitkonstante ( $T_{VZ2}$ ) der zweiten Verzögerungseinrichtung (15) des zweiten Ventils (14) in einem Bereich zwischen 8s und 12s eingestellt ist. 20

25

7. Vakuumsystem (01) nach Anspruch einem der vorangehenden Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Verzögerungseinrichtung (10) und die zweite Verzögerungseinrichtung (15) in einer gemeinsamen Steuereinrichtung (23) zusammengefasst sind. 30

8. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest erste Ventil (09) als pneumatisch gesteuertes Magnetventil (13) ausgebildet ist. 35

9. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest das erste Ventil (09) elektrisch mit einem Alarmausgang (24) der Endvakuumpumpe (03) und/oder mit einem Alarmausgang (25) der Vorvakuumpumpe (05) verbunden ist. 40

45

10. Vakuumsystem (01) nach Anspruch nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endvakuumpumpe (03) als trockenlaufende Turbomolekularpumpe (04) ausgebildet ist. 50

11. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorvakuumpumpe (05) als nasslaufende Drehschieberpumpe (06) ausgebildet ist. 55

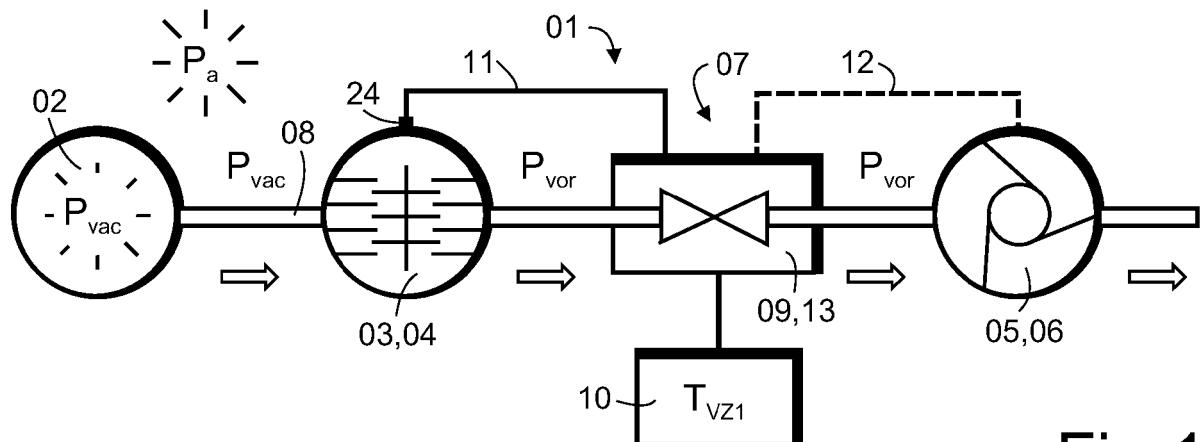


Fig.1

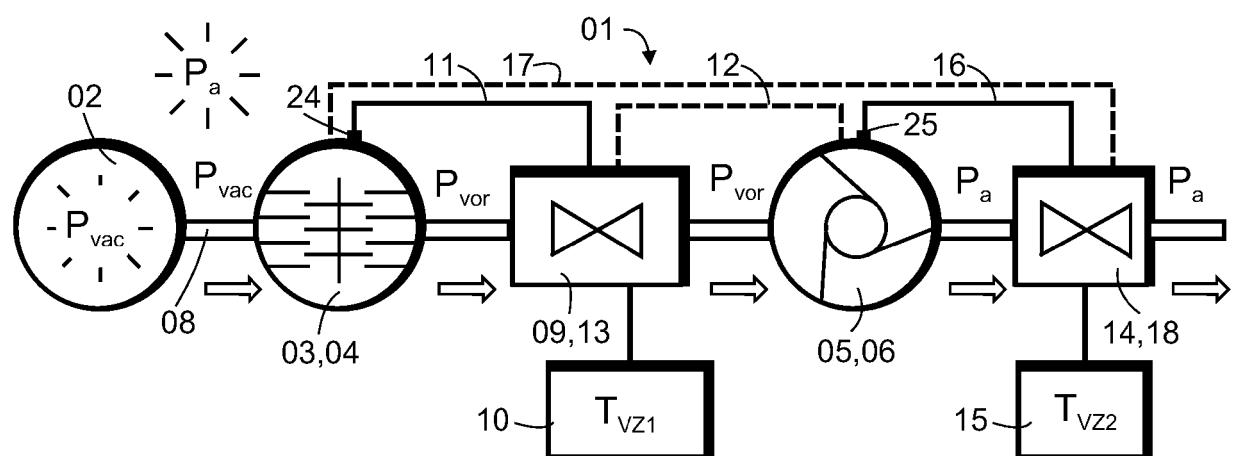


Fig.2

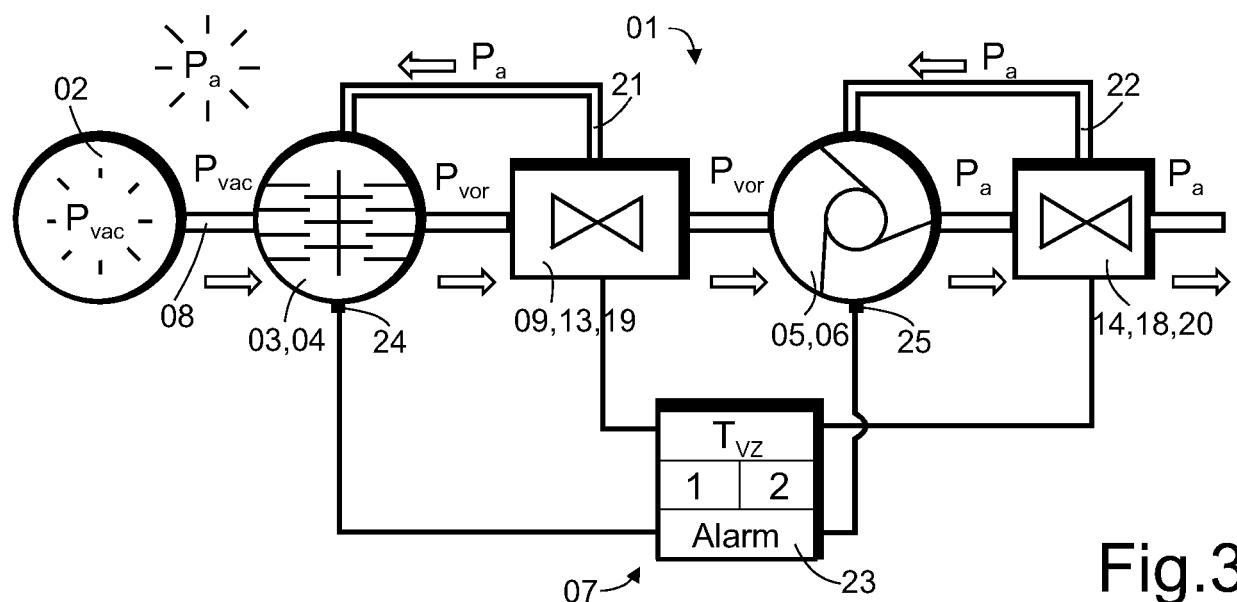


Fig.3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 18 16 7650

5

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE |                              |   |  |  |
|------------------------|------------------------------|---|--|--|
|                        | Kategorie                    | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile   | Betritt Anspruch   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)   |
| 10                     | X                            | JP 5 512106 B2 (R DEC CO LTD)<br>4. Juni 2014 (2014-06-04)<br>* Abbildung 1 *<br>* Absatz [0004] *<br>* Absatz [0006] *<br>* Absatz [0028] *<br>* Absätze [0033] - [0034] *<br>* Absatz [0016] *<br>-----   | 1,2,5,<br>8-12   | INV.<br>F04D19/04<br>F04D27/02<br>F04B37/14<br>F04B49/03<br>F04C25/02<br>F04C28/06 |
| 15                     | A,D                          | DE 199 13 593 A1 (ILMVAC GMBH [DE])<br>5. Oktober 2000 (2000-10-05)<br>* Abbildungen 1, 3 *<br>* Spalte 1, Zeile 62 *<br>* Spalte 2, Zeile 48 - Zeile 61 *<br>* Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 4 *  | 1-12   |  |
| 20                     | A,D                          | Hans Robert Schäfer: "Neues Hochvakuum<br>für CCD-Kamera 2",<br>,<br>18. Oktober 2007 (2007-10-18), Seiten 1-3,<br>XP055506168,<br>Gefunden im Internet:<br>URL: <a href="http://www.harpoon-observatory.com/deutsch/publikationen/kameraevakuierung.pdf">http://www.harpoon-observatory.com/deutsch/publikationen/kameraevakuierung.pdf</a><br>[gefunden am 2018-09-11]<br>* Seite 2, Absatz 1-2 * | 1-12   |  |
| 25                     |                              | -----   |  | RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)  |
| 30                     |                              |   |  | F04D<br>F04B<br>F04C   |
| 35                     |                              |   |  |  |
| 40                     |                              |   |  |  |
| 45                     |                              |   |  |  |
| 50                     | 1                            | Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |  |  |
| 55                     | EPO FORM 1503 03-82 (P04C03) | Recherchenort<br>Den Haag   | Abschlußdatum der Recherche<br>11. September 2018  | Prüfer<br>de Verbigier, L  |
|                        |                              | KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE   |  |  |
|                        |                              | X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze   |  |
|                        |                              | Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie   | E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist |  |
|                        |                              | A : technologischer Hintergrund   | D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  |  |
|                        |                              | O : nichtschriftliche Offenbarung   | L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument   |  |
|                        |                              | P : Zwischenliteratur   | & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument                                  |  |

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 16 7650

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-09-2018

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | JP 5512106 B2                                      | 04-06-2014                    | JP 5512106 B2<br>JP 2010053747 A  | 04-06-2014<br>11-03-2010      |
| 15 | DE 19913593 A1                                     | 05-10-2000                    | KEINE                             |                               |
| 20 |  |                               |                                   |                               |
| 25 |  |                               |                                   |                               |
| 30 |  |                               |                                   |                               |
| 35 |  |                               |                                   |                               |
| 40 |  |                               |                                   |                               |
| 45 |  |                               |                                   |                               |
| 50 |  |                               |                                   |                               |
| 55 |  |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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 3817581 A1 **[0004]**
- DD 271545 A1 **[0004]**
- DE 10048210 B4 **[0005]**
- DE 19929519 A1 **[0005]**
- DE 19913593 A1 **[0007]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **H.R. SCHÄFER.** *Neues Hochvakuum für CCD-Kamera 2*, 22. April 2017, <http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/publikationen/kameraevakuierung.pdf> **[0006]**