



(11)

EP 3 392 509 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.10.2019 Patentblatt 2019/40

(51) Int Cl.:
F04C 18/344 ^(2006.01) **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**

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

VACUUM SYSTEM FOR GENERATING AT LEAST ONE HIGH VACUUM IN A RECIPIENT

SYSTEME À VIDE POUR GÉNÉRER AU MOINS UN VIDE ÉLEVÉ DANS UN RECIPIENT

(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

(30) Priorität: **23.04.2017 DE 102017004066**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.10.2018 Patentblatt 2018/43

(73) Patentinhaber: **Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und
Meeresforschung
27570 Bremerhaven (DE)**

(72) Erfinder: **Schönicke, Lutz
14473 Potsdam (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 19 913 593 JP-B2- 5 512 106

- **Hans Robert Schäfer: "Neues Hochvakuum für CCD-Kamera 2", , 18. Oktober 2007 (2007-10-18), Seiten 1-3, XP055506168, Gefunden im Internet: URL:<http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/publikationen/kameraevakuierung.pdf> [gefunden am 2018-09-11]**

EP 3 392 509 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Vakuumsystem 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 tiefgeköhlt werden. An das Feinvakuum FV ($1 \text{ bis } 10^{-3} \text{ hPa (mbar)}$) schließt sich das Hochvakuum HV ($10^{-3} \text{ bis } 10^{-7} \text{ hPa (mbar)}$) an. Es folgen Ultrahochvakuum UHV ($10^{-7} \text{ bis } 10^{-12} \text{ hPa (mbar)}$) und extrem hohes Vakuum XHV ($< 10^{-12} \text{ hPa (mbar)}$). 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 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 Vakuumsystems, 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 Rezipient 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 Vakuumsystems 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 nasslaufenden 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 herstellereitig implementierte Hochvakuum nachgelassen hat. Das erneute Hochvakuum wird zweistufig mittels einer Turbomolekularpumpe als Endvakuumpumpe und einer ölgeschmierten Drehschieberpumpe als Vorvakuumpumpe 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 Vakuumpumpen 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 Hochvakuaums 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 Endvakuaums oder sogar zu Verschmutzungen führen kann.

[0007] Aus der JP 5 512106 B2 ist ein Vakuumsystem bekannt, bei dem mittels einer Recheneinheit druckabhängig ermittelt wird, ob das Vakuumsystem unter Erhaltung des Vakuaums im Rezipienten in einen stromsparenden Stand-by-Modus überführt werden kann, in dem

die Endvakuumpumpe und die Vorvakuumpumpe abgeschaltet sind. Die Recheneinheit überprüft dazu über einen Drucksensor am Rezipienten fortlaufend seinen Innendruck. Ist dieser vorschriftsmäßig, erzeugt die Recheneinheit einen Steuerbefehl zum Abschalten eines Hauptschalters, wodurch zeitgleich die beiden Pumpen abgeschaltet und zwei Ventile, die vom Rezipienten aus gesehen jeweils vor den Pumpen angeordnet sind, geschlossen werden. Stellt die Recheneinheit durch laufende Messungen des Drucks im Rezipienten fest, dass dieser unzulässig ansteigt, generiert sie einen zweiten Steuerbefehl zum Anschalten des Hauptschalters, wodurch zeitgleich die Pumpen wieder anlaufen und die Ventile geöffnet werden. Im Falle eines Stromausfalls während des Pumpenbetriebs kann die Recheneinheit keinen Steuerbefehl zum Schließen der Ventile generieren. Die Ventile bleiben offen, die Pumpen stoppen und das Vakuum im Rezipienten baut sich ab. Das Ventil zwischen dem Rezipienten und der Endvakuumpumpe ist erforderlich, um eine automatische Belüftung der Endvakuumpumpe beim Abschalten zu kompensieren, sodass auch im Stand-by-Modus das Vakuum im Rezipienten erhalten bleibt.

[0008] Der der Erfindung nächstliegende Stand der Technik wird in der DE 199 13 593 A1 beschrieben. Hieraus ist ein Vakuumsystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt, das der Erzeugung von einem Hochvakuum dient. Das Vakuumsystem umfasst einen Rezipienten, eine Endvakuumpumpe zur Erzeugung des Endvakuaums, eine Vorvakuumpumpe zur Erzeugung eines Feinvakuaums und eine betriebsabhängig gesteuerte Ventileinrichtung zum druckdichten Verschließen des Rezipienten bei einer Betriebsstörung. Dabei sind Rezipient, Endvakuumpumpe, Vorvakuumpumpe und Ventileinrichtung über eine druckdichte Verbindungsleitung miteinander in Reihe geschaltet. Zur Erhaltung des Hochvakuaums 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 Vollaussfall der Vorvakuumpumpe, werden von einem kapazitiven Drucksensor, der 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 kon-

stant 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.

Aufgabenstellung

[0009] 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.

[0010] Das beanspruchte Vakuumsystem ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Stromausfall als Betriebsstörung zumindest das erste Ventil ohne Steuerbefehl unverzüglich automatisch geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit der an der ersten Verzögerungseinrichtung einstellbaren Zeitkonstante automatisch geöffnet wird, wobei die Endvakuumpumpe und die Vorvakuumpumpe laufen, bevor das erste Ventil geöffnet wird, und dass zumindest die Endvakuumpumpe kein eigenes Belüftungsventil aufweist.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen 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 erfindungsgemäßen 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.

[0012] 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.

[0013] Gemäß einer nächsten vorteilhaften Ausgestaltung 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 unverzüglich 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.

[0014] Werden sowohl die Endvakuumpumpe als auch die Vorvakuumpumpe mit schnell schließenden Ventilen versehen und besitzen beide Vakuumpumpen keine ei-

genen 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 Erfindungsgestaltung 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 Vorvakuumpumpe abgesaugt werden. Wenn auch die Vorvakuumpumpe 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 Vorvakuumpumpe eingesogen werden, ist es auch hier sinnvoll, dass beide Vakuumpumpen 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.

[0015] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ventile mit speziellen Konstruktionen zur Umsetzung ihrer besonderen Funktionen, beispielsweise Vakuumpumpe 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 elektro-

pneumatischen 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 Endvakuumpumpe und/oder der Vorvakuumpumpe 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 Endvakuumpumpe und/oder der Vorvakuumpumpe 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 offengehalten.

[0016] Weiterhin ist es bei der Erfindung bevorzugt und vorteilhaft, wenn die Endvakuumpumpe 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 schräggestellten Leitblechen als Statoren besteht, zwischen denen Rotoren mit schräggestellten 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 Vorvakuumpumpe 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 Vakuumpumpe 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 Vakuumsystems und seinen Komponenten sind den nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispielen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele

[0017] Nachfolgend werden das Vakuumsystem 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 Vakuumsystems mit einem Ventil,
- Fig. 2** den schematischen Aufbau eines zweistufigen Vakuumsystems mit zwei Ventilen und
- Fig. 3** den schematischen Aufbau eines zweistufigen Vakuumsystems mit zwei Ventilen, die gleichzeitig als Belüftungsventile fungieren.

[0018] In der **Fig. 1** ist ein zweistufiges Vakuumsystem **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 Endvakuumpumpe **03** angeschlossen, beispielsweise eine Turbomolekularpumpe **04**. Auf ihrer Ansaugseite erzeugt 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 Drehschieberpumpe **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 Vakuumsysteme **01** können auch drei- oder mehrstufig ausgebildet sein, je nach Einsatzfall und Leistungsfähigkeit der eingesetzten Vakuumpumpen **03**, **05**.

[0019] In der **Fig. 1** ist weiterhin schematisch dargestellt, dass zur Erhaltung des Hochvakuums im Rezipi-

enten **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** zurückschlagen. 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.

[0020] 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**. Weiterhin 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.

[0021] 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.

[0022] In der **Fig. 2** ist eine Ausführungsform der Erfindung aufgezeigt, bei der die betriebsabhängig gesteu-

erte 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.

[0023] 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 gezeigten Ausführungsbeispiel um ein zweites elektropneumatisches Magnetventil **18**.

[0024] 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 Vorvakuumpumpe **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 Vorvakuumpumpe **05** druckdicht verbunden. Ebenso ist es möglich, dass nur erste Ventil **09** als erstes Belüftungsventil **19** ausgebildet ist und die Vorvakuumpumpe **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 Austausch Zwecken der beiden Vakuum-pumpen **03**, **05** oder zu Öffnungszwecken des Rezipienten **02**.

[0025] Desweiteren 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 ein-

fach, schnell und zuverlässig generiert werden.

Bezugszeichenliste

5 **[0026]**

01	Vakuumsystem
02	Rezipient
03	Endvakuumpumpe
10 04	Turbomolekularpumpe
05	Vorvakuumpumpe
06	Drehschieberpumpe
07	Ventileinrichtung
08	Verbindungsleitung
15 09	erstes Ventil
10	erste Verzögerungseinrichtung
11	erste elektrische Leitung
12	zweite elektrische Leitung
13	erstes Magnetventil
20 14	zweites Ventil
15	zweite Verzögerungseinrichtung
16	dritte elektrische Leitung
17	vierte elektrische Leitung
18	zweites Magnetventil
25 19	erstes Belüftungsventil
20	zweites Belüftungsventil
21	erste Belüftungsleitung
22	zweite Belüftungsleitung
23	zentrale Steuereinheit
30 24	Alarmausgang von 03
25	Alarmausgang von 05

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

40 Patentansprüche

1. Vakuumsystem (01) zur Erzeugung von zumindest einem Hochvakuum (P_{vac}) in einem Rezipienten (02) mit zumindest einer Endvakuumpumpe (03) zur Erzeugung von zumindest dem Hochvakuum (P_{vac}) und einer Vorvakuumpumpe (05) zur Erzeugung von zumindest einem Feinvakuum (P_{vor}) und mit einer betriebsabhängig gesteuerten Ventileinrichtung (07) zum druckdichten Verschließen des Rezipienten (02) bei einer Betriebsstörung, wobei Rezipient (02), Endvakuumpumpe (03), Vorvakuumpumpe (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 ei-

- ne Zeitkonstante (T_{VZ1}) einstellbar ist, aufweist, das zwischen der Endvakuumpumpe (03) und der Vorvakuumpumpe (05) angeordnet ist, wobei die Verbindungsleitung (08) abzweiglos ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Endvakuumpumpe (03) kein eigenes Belüftungsventil aufweist, und dass das Vakuumsystem (01) so eingestellt ist, dass bei einem Stromausfall als Betriebsstörung zumindest das erste Ventil (09) ohne Steuerbefehl unverzüglich automatisch geschlossen und nach Behebung des Stromausfalls zeitverzögert mit der an der ersten Verzögerungseinrichtung (10) einstellbaren Zeitkonstante (T_{VZ1}) automatisch geöffnet wird, wobei die Endvakuumpumpe (03) und die Vorvakuumpumpe (05) laufen, bevor das erste Ventil (09) geöffnet wird.
2. Vakuumsystem (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.
 3. Vakuumsystem (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 Vorvakuumpumpe (05) angeordnet ist und bei Stromausfall unverzüglich 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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 11. Vakuumsystem (01) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorvakuumpumpe (05) als nasslaufende Drehschieberpumpe (06) ausgebildet ist.
 12. Vakuumsystem (01) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nasslaufende Drehschieberpumpe (06) mit Öl gedichtet ist.

Claims

1. A vacuum system (01) for generating at least one high vacuum (P_{vac}) in a recipient (02), comprising at least one final vacuum pump (03) for generating at least one high vacuum (P_{vac}), a backing pump (05) for generating at least one backing pressure (P_{vor}) and a valve unit (07), which is controlled in dependence on the operation and serves for closing the recipient (02) in a pressure-tight manner when a malfunction occurs, wherein the recipient (02), the final vacuum pump (03), the backing pump (05) and the valve unit (07) are connected to one another in series by means of a pressure-tight connecting line (08), wherein the valve unit (07), which is controlled in dependence on the operation, comprises at least one first valve (09) with a first delay device (10), at which a time constant (T_{VZ1}) can be adjusted, in or-

der to maintain the high vacuum (P_{vac}) in the recipient (02) during a malfunction, wherein said first valve is arranged between the final vacuum pump (03) and the backing pump (05), and wherein the connecting line (08) is realized without junctions,

characterized in that

at least the final vacuum pump (03) does not comprise its own ventilation valve, and **in that** the vacuum system (01) is adjusted in such a way that at least the first valve (09) is automatically closed at once without control command when a malfunction in the form of a power failure occurs and automatically opened in a time-delayed manner with the time constant (T_{VZ1}) adjustable on the first delay device (10) after the power failure has been repaired, wherein the final vacuum pump (03) and the backing pump (05) are running before the first valve (09) is opened.

2. The vacuum system (01) according to claim 1, **characterized in that** the first valve (09) is also realized in the form of a ventilation valve (19) of the final vacuum pump (03), wherein the ventilation function is suppressed when a power failure occurs.
3. The vacuum system (01) according to claim 1 or 2, **characterized in that** the valve unit (07), which is controlled in dependence on the operation, comprises a second valve (14) with a second delay device (15), wherein said second valve is arranged on the side of the backing pump (05) that faces away from the final vacuum pump (03), wherein the second valve is closed at once when a power failure occurs and opened in a time-delayed manner with a time constant (T_{VZ2}) adjustable on the second delay device (15) after the power failure has been repaired, and wherein the backing pump (05) also does not comprise its own ventilation valve.
4. The vacuum system (01) according to claim 3, **characterized in that** the second valve (09) is also realized in the form of a ventilation valve (20) of the backing pump (05), wherein the ventilation function is suppressed when a power failure occurs.
5. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 1 to 4, **characterized in that** the time constant (T_{VZ1}) of the first delay device (10) of the first valve (09) is adjusted in a range between 8s and 12s.
6. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 3 to 5, **characterized in that**

the time constant (T_{VZ2}) of the second delay device (15) of the second valve (14) is adjusted in a range between 8s and 12s.

7. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 3 to 6, **characterized in that** the first delay device (10) and the second delay device (15) are combined in a common control unit (23).
8. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 1 to 7, **characterized in that** at least the first valve (09) is realized in the form of a pneumatically controlled solenoid valve (13).
9. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 1 to 8, **characterized in that** at least the first valve (09) is electrically connected to an alarm output (24) of the final vacuum pump (03) and/or to an alarm output (25) of the backing pump (05).
10. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 1 to 9, **characterized in that** the final vacuum pump (03) is realized in the form of a dry-running turbomolecular pump (04).
11. The vacuum system (01) according to one of preceding claims 1 to 10, **characterized in that** the backing pump (05) is realized in the form of a wet-running sliding vane rotary pump (06).
12. The vacuum system (01) according to claim 11, **characterized in that** the wet-running sliding vane rotary pump (06) is sealed with oil.

Revendications

1. Système sous vide (01), destiné à générer au moins un vide élevé (P_{vac}) dans un récipient (02), pourvu d'au moins une pompe à vide final (03), destinée à générer au moins un vide élevé (P_{vac}) et d'une pompe à vide préliminaire (05), destinée à générer au moins un vide fin (P_{vor}) et pourvu d'un système de soupapes (07) commandé en fonction du fonctionnement, destiné à fermer de manière étanche à la pression le récipient (02) lors d'une panne de fonctionnement, le récipient (02), la pompe à vide final (03), la pompe à vide préliminaire (05) et le système de soupapes (07) étant montés en série les uns avec les autres, par l'intermédiaire d'un conduit d'assem-

- blage (08) étanche à la pression et pour maintenir le vide élevé (P_{vac}) dans le récipient (02) pendant une panne de fonctionnement, le système de soupapes (07) commandé en fonction du fonctionnement comportant au moins une première soupape (09) pourvue d'un premier système de temporisation (10) sur laquelle une constante de temps (T_{VZ1}) est réglable, qui est placé entre la pompe à vide final (03) et la pompe à vide préliminaire (05), le conduit d'assemblage (08) étant conçu sans dérivation, **caractérisé en ce qu'**au moins la pompe à vide final (03) ne comporte aucune propre soupape de ventilation, et **en ce que** le système sous vide (01) est réglé de telle sorte que lors d'une coupure de courant en tant que panne de fonctionnement, au moins la première soupape (09) se ferme automatiquement sans temporisation, en l'absence d'une instruction de commande et après correction de la coupure de courant, s'ouvre automatiquement en différé avec la constante de temps (T_{VZ1}) réglable sur le premier système de temporisation (10), la pompe à vide final (03) et la pompe à vide préliminaire (05) fonctionnant, avant que la première soupape (09) s'ouvre.
2. Système sous vide (01) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première soupape (09) est également conçue en tant que soupape de ventilation (19) de la pompe à vide final (03), la fonction de ventilation étant réprimée en cas de coupure de courant.
 3. Système sous vide (01) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le système de soupapes (07) commandé en fonction du fonctionnement comporte une deuxième soupape (14) pourvue d'un deuxième système de temporisation (15), qui est placé sur la face opposée à la pompe à vide final (03) de la pompe à vide préliminaire (05) et qui se ferme sans temporisation lors d'une coupure de courant et après correction de la coupure de courant s'ouvre automatiquement en différé avec une constante de temps (T_{VZ2}) réglable sur le deuxième système de temporisation (15), également la pompe à vide préliminaire (05) ne comportant aucune propre soupape de ventilation .
 4. Système sous vide (01) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la deuxième soupape (09) est également conçue sous la forme de soupape de ventilation (20) de la pompe à vide préliminaire (05), la fonction de ventilation étant réprimée en cas de coupure de courant.
 5. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 4, **caractérisé en ce que** la constante de temps (T_{VZ1}) du premier système de temporisation (10) de la première soupape (09) est réglée dans un ordre compris entre 8s et 12s.
 6. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 3 à 5, **caractérisé en ce que** la constante de temps (T_{VZ2}) du deuxième système de temporisation (15) de la deuxième soupape (14) est réglée dans un ordre compris entre 8s et 12s.
 7. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 3 à 6, **caractérisé en ce que** le premier système de temporisation (10) et le deuxième système de temporisation (15) sont réunis dans un système de commande (23) commun.
 8. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'au moins une première soupape (09) est conçue sous la forme d'une soupape électromagnétique (13) à commande pneumatique.
 9. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**au moins la première soupape (09) est électriquement connectée avec une sortie d'alarme (24) de la pompe à vide final (03) et/ou avec une sortie d'alarme (25) de la pompe à vide préliminaire (05).
 10. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 9, **caractérisé en ce que** la pompe à vide final (03) est conçue sous la forme d'une pompe de type turbomoléculaire (04) fonctionnant à sec.
 11. Système sous vide (01) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 10, **caractérisé en ce que** la pompe à vide préliminaire (05) est conçue sous la forme d'une pompe à palettes (06) fonctionnant en milieu humide.
 12. Système sous vide (01) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** pompe à palettes (06) fonctionnant en milieu humide est étanchéifiée par huile.

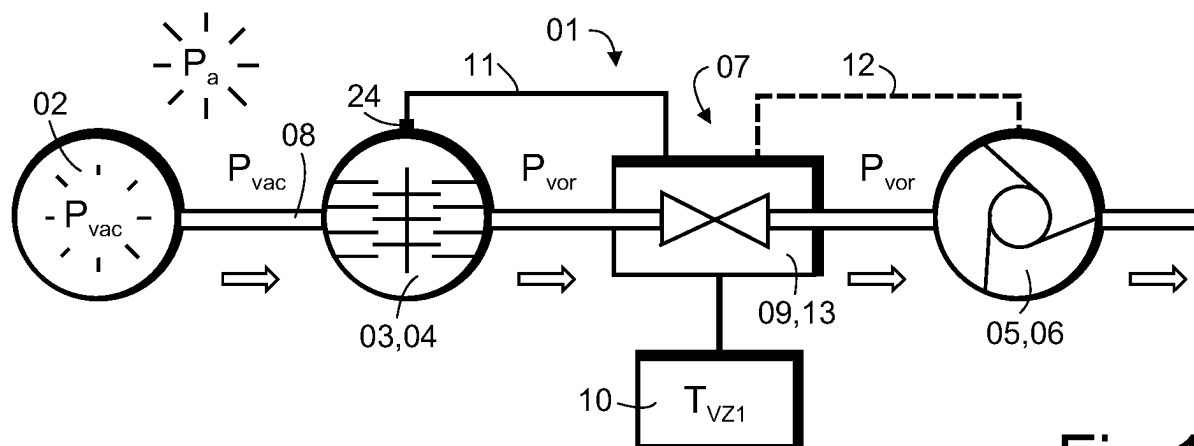


Fig.1

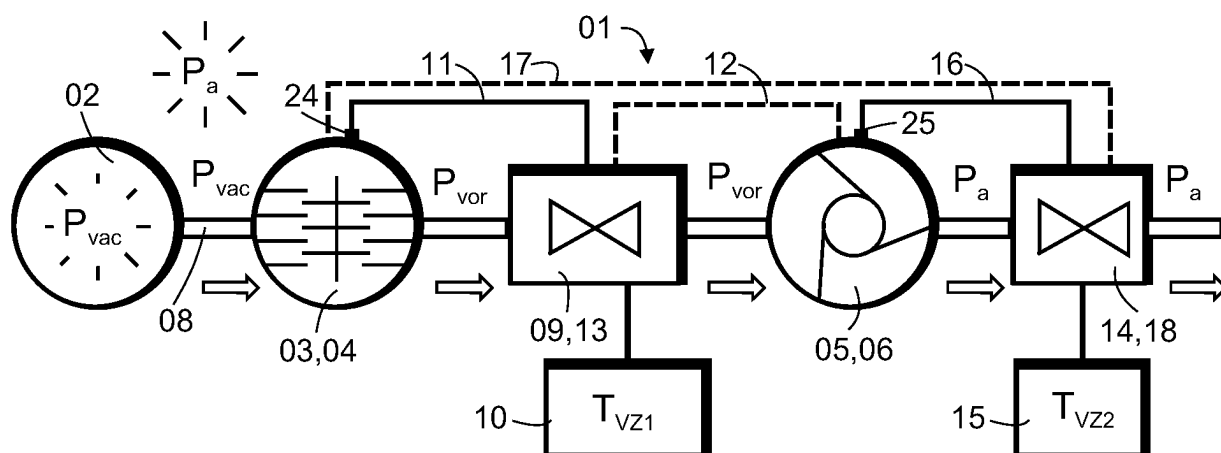


Fig.2

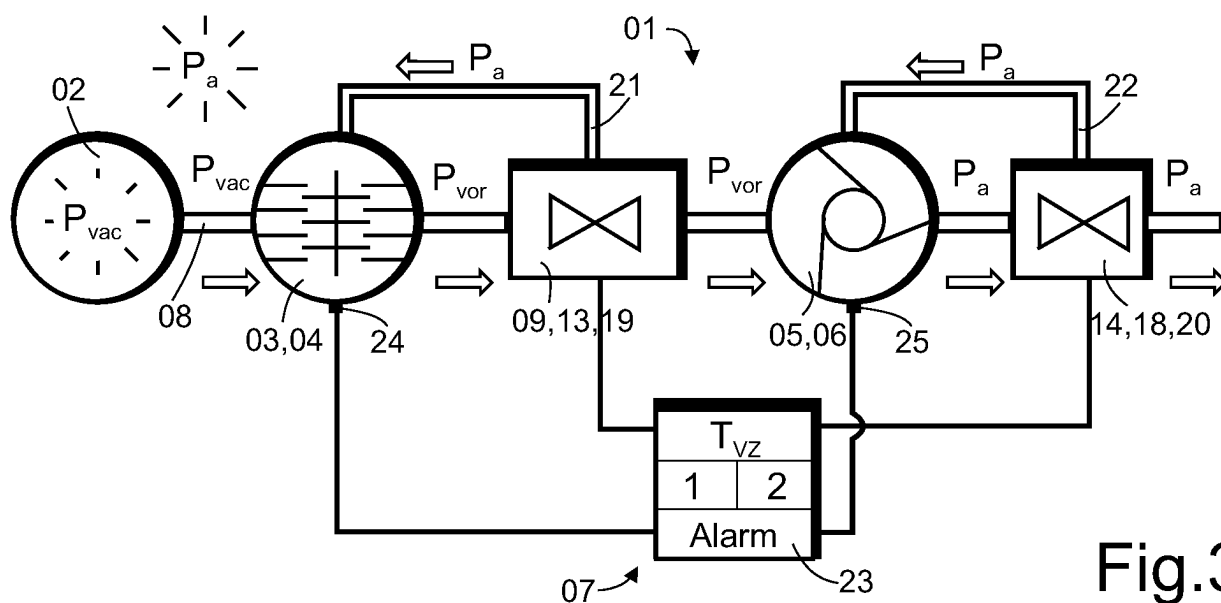


Fig.3

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 Patentedokumente

- DE 3817581 A1 [0004]
- DD 271545 A1 [0004]
- DE 10048210 B4 [0005]
- DE 19929519 A1 [0005]
- JP 5512106 B [0007]
- DE 19913593 A1 [0008]

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]