



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.08.2024 Patentblatt 2024/33

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F15B 11/048^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23155813.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F15B 11/048; F15B 2211/40507; F15B 2211/40515; F15B 2211/40592; F15B 2211/411; F15B 2211/413; F15B 2211/41554; F15B 2211/426; F15B 2211/46; F15B 2211/7053; F15B 2211/755; F15B 2211/853; F15B 2211/8855

(22) Anmeldetag: **09.02.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Bachmann, Fabian**
6010 Kriens (CH)
• **Schmid, Michael**
3007 Bern (CH)
• **Heigenhauser, Benedikt**
3014 Bern (CH)

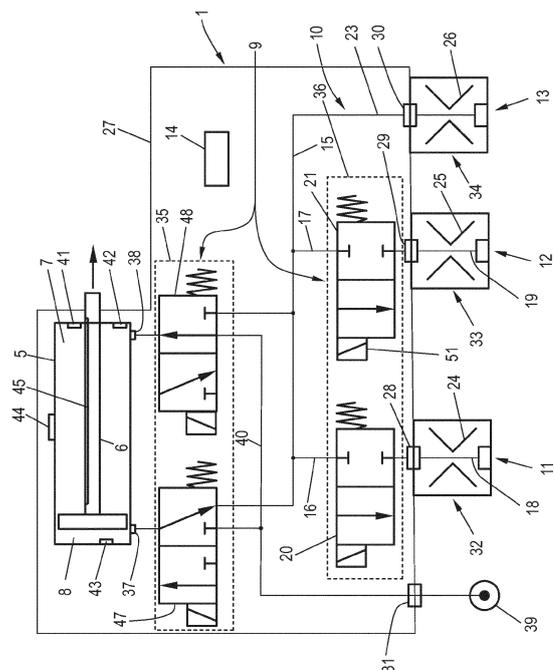
(71) Anmelder: **Afag Holding AG**
6144 Zell (CH)

(74) Vertreter: **Lindner Blaumeier**
Patent- und Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Dr. Kurt-Schumacher-Str. 23
90402 Nürnberg (DE)

(54) **PNEUMATIKVORRICHTUNG MIT EINEM BEWEGLICH GELAGERTEN KOLBEN**

(57) Pneumatikvorrichtung mit einem Pneumatikzylinder (5) und einem in dem Pneumatikzylinder (5) beweglich gelagerten Kolben (6), durch den ein Innenraum des Pneumatikzylinders (5) in zwei Kammer (7, 8) unterteilt ist, wobei die Kammern (7, 8) mit einer Ventilordnung (9) umfassenden Leitungsnetz (10) der Pneumatikvorrichtung (1-4) verbunden sind, wobei das Leitungsnetz (10) dazu eingerichtet ist, die jeweilige Kammer (7, 8) in mehreren zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen der Ventilordnung (9) mit einer Ausströmöffnung (11-13) oder wenigstens einer jeweiligen ausgewählten von mehreren Ausströmöffnungen (11-13) der Pneumatikvorrichtung (1-4) zu verbinden und in wenigstens einem weiteren Betriebszustand der Ventilordnung (9) von der Ausströmöffnung (11-13) oder allen Ausströmöffnungen (11-13) zu trennen, wobei eine Steuereinrichtung (14) der Pneumatikvorrichtung (1-4) dazu eingerichtet ist, den Betriebszustand der Ventilordnung (9) einzustellen, wobei das Leitungsnetz (10) derart ausgebildet ist, dass in wenigstens drei der zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszustände die Verbindung der jeweiligen Kammer (7, 8) zu der Ausströmöffnung (11-13) oder der jeweiligen ausgewählten Ausströmöffnung (11-13) mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen erfolgt.

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pneumatikvorrichtung mit einem Pneumatikzylinder und einem in dem Pneumatikzylinder beweglich gelagerten Kolben, durch den ein Innenraum des Pneumatikzylinders in zwei Kammern unterteilt ist, wobei die Kammern mit einem eine Ventilanordnung umfassenden Leitungsnetz der Pneumatikvorrichtung verbunden sind, wobei das Leitungsnetz dazu eingerichtet ist, die jeweilige Kammer in mehreren zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen der Ventilanordnung mit einer Ausströmöffnung oder wenigstens einer jeweiligen ausgewählten von mehreren Ausströmöffnungen der Pneumatikvorrichtung zu verbinden und in wenigstens einem weiteren Betriebszustand der Ventilanordnung von der Ausströmöffnung oder allen Ausströmöffnungen zu trennen, wobei eine Steuereinrichtung der Pneumatikvorrichtung dazu eingerichtet ist, den Betriebszustand der Ventilanordnung einzustellen.

[0002] Pneumatische Aktoren, in denen ein Kolben in einem Pneumatikzylinder bewegt wird, indem verschiedene Kammern des Pneumatikzylinders mit Druck beaufschlagt werden, werden in einer Vielzahl von Anwendungsfällen genutzt. Gewünscht ist hierbei typischerweise eine schnelle Bewegung des Kolbens bis zu einer bestimmten Sollposition, an der ein möglichst ruck- und stoßfreies Abbremsen erfolgen soll.

[0003] Um dies zu erreichen, ist es aus der Druckschrift DE 10 2010 032 750 A1 bekannt, die jeweilige Kammer über eine Ventilanordnung wahlfrei mit einer Zubeziehungsweise Abluftleitung zu verbinden, wobei die Verbindung wahlfrei direkt oder über eine Dämpfungsdrössel mit druckabhängigem Strömungsquerschnitt erfolgen kann. Nachteilig ist hierbei, dass das vorgeschlagene Vorgehen recht aufwendig ist, da beispielsweise die Drössel an die Betriebsbedingungen des Aktors angepasst werden muss, um ein optimales Bewegungsmuster zu erreichen. Dies ist insbesondere problematisch, wenn externe auf den Kolben wirkende Kräfte variieren, beispielsweise weil der Kolben verschiedene Lasten bewegen soll oder weil sich seine relative Lage zur Schwerkraft ändert, da in diesem Fall nicht notwendigerweise für alle Betriebssituationen eine optimale Abstimmung gefunden werden kann.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, einen pneumatischen Aktor beziehungsweise eine Pneumatikvorrichtung anzugeben, die demgegenüber, insbesondere bezüglich der Nutzung in verschiedenen Nutzungssituationen beziehungsweise mit verschiedenen Lasten, verbessert ist.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Pneumatikvorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, wobei das Leitungsnetz derart ausgebildet ist, dass in wenigstens drei der zu Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen die Verbindung der jeweiligen Kammer zu der Ausströmöffnung oder der jeweiligen ausgewählten Ausströmöffnung mit voneinander

der unterschiedlichen Strömungswiderständen erfolgt.

[0006] Der beim Ausströmen von Luft oder anderen Gasen aus der jeweiligen Kammer vorliegende Strömungswiderstand führt dazu, dass eine Bewegung des Kolbens in jene Richtung, die das Volumen der jeweiligen Kammer verkleinert, gebremst wird. Somit ermöglicht es die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Leitungsnetzes, dass die Geschwindigkeit des Ausströmens des Gases aus der jeweiligen Kammer und somit die Stärke der Bremsung des Kolbens mehrstufig oder sogar quasi-kontinuierlich einstellbar ist. Dies ermöglicht jedoch eine erheblich genauere Steuerung der Kolbenposition beziehungsweise der Kolbenbewegung als die Nutzung eines festen Strömungswiderstandes zur Entlüftung. Im Gegensatz zur Nutzung einer Dämpfungsdrössel mit druckabhängigem Strömungsquerschnitt, wie sie beispielsweise in der obig genannten Druckschrift DE 10 2010 032 750 A1 genutzt wird, kann der Strömungswiderstand hierbei jedoch weitgehend unabhängig von der aktuellen Position beziehungsweise Bewegung des Kolbens eingestellt werden. Insbesondere wenn die Kolbenposition beziehungsweise -bewegung sensorisch erfasst wird, kann hierdurch eine sehr genaue Steuerung des Kolbens erreicht werden, wodurch Bewegungsmuster realisiert werden können, die im Wesentlichen unabhängig von äußeren auf den Kolben wirkenden Kräften, beispielsweise von bewegten Lasten, beziehungsweise der Orientierung des Pneumatikzylinders bezüglich der Schwerkraft sein können.

[0007] Unterschiedliche Strömungswiderstände sind hierbei so zu verstehen, dass bei gleichem Druck in der Kammer und im Bereich der Auslassöffnung bei einem höheren Strömungswiderstand weniger Gas aus der Kammer austritt und umgekehrt. Der Strömungswiderstand kann bei gegebenen Druckverhältnis als Quotient aus dem Druckunterschied zwischen Kammer und Bereich der Ausströmöffnung einerseits und dem Volumenstrom andererseits definiert werden. Somit kann die Verbindung der jeweiligen Kammer zu der Ausströmöffnung oder der jeweiligen wenigstens einen ausgewählten Ausströmöffnung mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen auch so verstanden werden, dass das Leitungsnetz derart ausgebildet ist, dass bei gegebenem Druck in der Kammer und im Bereich der Ausströmöffnung oder der jeweiligen ausgewählten Ausströmöffnung in den wenigstens drei Betriebszuständen jeweils unterschiedliche Volumen von Gas beziehungsweise Luft pro Zeiteinheit, also beispielsweise pro Sekunde, aus der Kammer ausströmen.

[0008] Wenigstens eine der Kammern kann zumindest in den zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen mit einer Abluftleitung verbunden sein, wobei das Leitungsnetz wenigstens zwei Leitungszweige umfasst, die sich jeweils von der Abluftleitung des Leitungsnetzes zu einer oder einer jeweiligen Ausströmleitung erstrecken, wobei die oder die jeweilige Ausströmleitung mit der Ausströmöffnung oder jeweils wenigstens einer der Ausströmöffnungen verbunden ist,

- wobei einerseits in den Leitungszweigen jeweils ein Sperrventil der Ventilanordnung angeordnet ist, um den jeweiligen Leitungszweig in Abhängigkeit des Betriebszustands der Ventilanordnung freizugeben oder zu sperren, wobei in den wenigstens drei zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen voneinander unterschiedliche Leitungszweige und/oder voneinander unterschiedliche Kombinationen von Leitungszweigen freigegeben sind, und/oder
- wobei andererseits ein Wegeventil der Ventilanordnung dazu eingerichtet ist, die Abluftleitung oder die Ausströmleitung selektiv mit den verschiedenen Leitungszweigen zu verbinden, wobei in den wenigstens drei zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen voneinander unterschiedliche Leitungszweige und/oder voneinander unterschiedliche Kombinationen von Leitungszweigen mit der Abluftleitung und der oder der jeweiligen Ausströmleitung verbunden sind.

[0009] Es wird somit vorgeschlagen, den Strömungswiderstand zwischen der jeweiligen Kammer beziehungsweise der Abluftleitung und der Ausströmöffnung beziehungsweise der jeweils genutzten Ausströmöffnung beziehungsweise den jeweiligen genutzten Ausströmöffnungen dadurch zu variieren, dass eine Luftabfuhr aus der Abluftleitung je nach Betriebszustand über verschiedene der Leitungszweige beziehungsweise verschiedene Kombinationen der Leitungszweige erfolgt. Dies ermöglicht eine wenigstens dreistufige Einstellung des Strömungswiderstands zum Entlüften der jeweiligen Kammer mit relativ geringem technischem Aufwand sowohl bezüglich der genutzten Ventilanordnung als auch bezüglich der Steuerelektronik.

[0010] Dies soll zum besseren Verständnis im Folgenden an mehreren Beispielen erläutert werden. In den Beispielen wird der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass alle Leitungszweige dauerhaft mit der Abluftleitung und einer gemeinsamen Ausströmleitung verbunden sind und ein jeweiliges Sperrventil aufweisen, wodurch sie gesperrt beziehungsweise freigegeben werden können. Alternativ zur Nutzung eines Sperrventils in dem jeweiligen Leitungszweig wäre es offensichtlich auch möglich, die Leitungszweige über ein Wegeventil von der Abluftleitung und/oder der Ausströmleitung zu trennen und somit die obig erläuterte alternative Ausgestaltung umzusetzen. Als weitere Variationsmöglichkeit könnte statt einem Zusammenführen der Leitungszweige in einer gemeinsamen Ausströmleitung jeder der Leitungszweige über eine separate Ausströmleitung mit einer jeweiligen Ausströmöffnung verbunden sein.

[0011] In dem ersten Ausführungsbeispiel können genau zwei Leitungszweige genutzt werden, die voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände aufweisen. Hierdurch können drei Betriebszustände mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen realisiert werden, indem zum einen ausschließlich das Sperrventil

des Leitungszweigs mit dem höchsten Strömungswiderstand geöffnet wird, zum zweiten ausschließlich das Sperrventil des Leitungszweiges mit dem niedrigeren Strömungswiderstand geöffnet wird und zum dritten die Sperrventile beider Leitungszweige geöffnet werden. Hierdurch kann der Strömungswiderstand in drei Stufen reduziert werden, wobei in all diesen Betriebszuständen jeweils eine Entlüftung der jeweiligen Kammer über die Abluftleitung und wenigstens einen der Leitungszweige möglich ist.

[0012] Wird zusätzlich zu den Leitungszweigen mit Sperrventilen beziehungsweise zu den nur selektiv mit der Abluftleitung beziehungsweise der Ausströmleitung verbundenen Leitungszweigen eine Bypassleitung genutzt, die wie später noch erläutert werden wird, dauerhaft mit der Abluftleitung und der Ausströmleitung verbunden ist und vorzugsweise einen relativ hohen Strömungswiderstand aufweist, können drei zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienende Betriebszustände bereits mit zwei Leitungszweigen mit integrierten Sperrventil realisiert werden, auch wenn diese bei einer Offenstellung des jeweiligen Sperrventils beziehungsweise bei Freigabe des jeweiligen Leitungszweigs die gleichen Strömungswiderstände aufweisen. In diesem Fall kann in einem ersten Betriebszustand ausschließlich die Bypassleitung zur Entlüftung genutzt werden, indem die Sperrventile beider Leitungszweige geschlossen sind. In einem zweiten Betriebszustand kann eines der Sperrventile geöffnet werden und in einem dritten Betriebszustand beide Sperrventile. Auch in diesem Fall kann somit der Strömungswiderstand zwischen der Kammer und der Ausströmöffnung beziehungsweise den Ausströmöffnungen in drei Stufen stufenweise verändert werden.

[0013] In einem dritten Ausführungsbeispiel kann auf eine Bypassleitung verzichtet werden und es können drei Leitungszweige genutzt werden, die jeweils ein Sperrventil aufweisen und die im freigegebenen Zustand zueinander gleiche Strömungswiderstände aufweisen können. In diesem Fall können durch Freigabe eines oder zweier oder dreier Leitungszweige wiederum drei Betriebszustände der Ventilanordnung eingestellt werden, für die beim Entlüften der jeweiligen Kammer unterschiedliche Strömungswiderstände resultieren.

[0014] Um eine feinere Abstufung der einstellbaren Strömungswiderstände zwischen der Kammer und der wenigstens einen Ausströmöffnung zu erreichen, können zu den obigen Ausführungsbeispielen zusätzliche Leitungszweige hinzugefügt werden beziehungsweise statt Leitungszweigen mit gleichem Strömungswiderstand können Leitungszweige mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen genutzt werden, um auch bei gleicher Anzahl von freigegebenen Leitungszweigen voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände zu erreichen..

[0015] Wie obig bereits an einem Beispiel erläutert wurde, können zumindest zwei der Leitungszweige voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände aufweisen. Gegenüber der Nutzung von Leitungszweigen

mit zueinander gleichen Strömungswiderständen wird hierbei bei geeigneter Ansteuerung die Anzahl der einstellbaren Gesamtströmungswiderstände erhöht. Selbst ohne Nutzung einer Bypassleitung, können bereits mit zwei der Leitungszweige, wie obig erläutert, drei Betriebszustände mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen zur Entlüftung der jeweiligen Kammer bereitgestellt werden. Bei drei solchen Leitungszweigen mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen erhöht sich die Anzahl der einstellbaren Strömungswiderstände bereits auf sieben. Durch Nutzung einer Bypassleitung kann die Anzahl der einstellbaren Strömungswiderstände beziehungsweise Betriebsmodi zum Entlüften der jeweiligen Kammer jeweils um 1 erhöht werden, da zum Entlüften dann auch ein Betriebszustand nutzbar ist, in dem alle Leitungszweige gesperrt sind und die Entlüftung somit ausschließlich über die Bypassleitung erfolgt.

[0016] In wenigstens einem der Leitungszweige oder in allen Leitungszweigen kann jeweils eine Blende und/oder eine Drossel angeordnet sein. Durch Nutzung einer Blende beziehungsweise einer Drossel kann der Strömungswiderstand des jeweiligen Leitungszweiges mit geringem Aufwand angepasst werden. Insbesondere kann die Blende beziehungsweise Drossel wenigstens eines der Leitungszweige auch wechselbar sein, um die Pneumatikvorrichtung an verschiedene Anforderungen anpassen zu können.

[0017] Die in einem ersten der Leitungszweige angeordneten Drossel und/oder Blende kann einen Strömungsquerschnitt aufweisen, der sich von dem Strömungsquerschnitt der in einem zweiten der Leitungszweige angeordneten Blende und/oder Drossel unterscheidet. Hierdurch können mit einfachen Mitteln unterschiedliche Strömungswiderstände für die Leitungszweige realisiert werden.

[0018] Ergänzend oder alternativ kann wenigstens eine der Blenden und/oder Drosseln einen einstellbaren Strömungsquerschnitt aufweisen. Hierdurch kann die Anpassbarkeit der Pneumatikvorrichtung an unterschiedliche Anforderungen weiter verbessert werden. Die Einstellung des Strömungsquerschnitts kann manuell erfolgen, jedoch auch durch einen Aktor der Pneumatikvorrichtung. Wird eine aktorische Verstellung genutzt, kann der Aktor beispielsweise durch die Steuereinrichtung gesteuert werden, um die Pneumatikvorrichtung automatisiert an verschiedene Betriebsverhältnisse anzupassen. Ergänzend oder alternativ kann die Einstellung des Strömungsquerschnitts auch dazu dienen, weitere Betriebszustände mit unterschiedlichen Strömungswiderständen für das Entlüften einer jeweiligen der Kammern bereitzustellen.

[0019] Es kann vorteilhaft sein, den Pneumatikzylinder mit dem hierin gelagerten Kolben und zumindest jenen Teil des Leitungsnetzes, der die Ventilanordnung umfasst, in ein Pneumatikmodul zu integrieren. Dieses kann vorzugsweise auch eine, später noch erläuterte, Sensorik und/oder die Steuereinrichtung zur Steuerung der

Ventilanordnung umfassen.

[0020] Ein solches Pneumatikmodul kann auch die obig genannten Drosseln beziehungsweise Blenden beziehungsweise die vollständigen Leitungszweige umfassen. Ergänzend oder alternativ kann auch ein Proportionalventil zur dynamischen Einstellung des Strömungswiderstands in das Pneumatikmodul integriert sein. Die Nutzung eines Proportionalventils wird später noch erläutert. Das Pneumatikmodul kann beispielsweise als pneumatische Anschlüsse nur noch einen Anschluss für Druckluft und einen Anschluss für Abluft beziehungsweise für einen Schalldämpfer aufweisen, der optional jedoch ebenfalls integriert sein kann. Optional kann es Anschlüsse für Steuersignale, beispielsweise für Triggersignale für Arbeitszyklen, Kolbenpositionen oder Ähnliches, umfassen.

[0021] Um die Pneumatikvorrichtung mit geringem Aufwand an unterschiedliche Aufgabenstellungen anpassen zu können, kann es jedoch auch vorteilhaft sein, zumindest die Drosseln beziehungsweise Blenden beziehungsweise zumindest einen jeweiligen Abschnitt der Leitungszweige separat von dem Pneumatikmodul zu implementieren, um beispielsweise durch Austausch der modulexternen Komponente die Abluftdrosselung bedarfsgerecht anpassen zu können.

[0022] Vorteilhaft kann die Pneumatikvorrichtung ein Pneumatikmodul umfassen, das zumindest den Pneumatikzylinder, den Kolben und jenen Teil des Leitungsnetzes, der die Abluftleitung und die Ventilanordnung umfasst, ausbildet, wobei das Pneumatikmodul für mehrere der oder alle Leitungszweige einen jeweiligen Abluftanschluss aufweist, über den ein jeweiliger separat von dem Pneumatikmodul ausgebildeter Abschnitt des jeweiligen Leitungszweiges an das Pneumatikmodul angeschlossen ist, wobei der separat von dem Pneumatikmodul ausgebildete Abschnitt die Drossel und/oder Blende des jeweiligen Leitungszweiges umfasst. Hierdurch kann das Pneumatikmodul für eine Vielzahl von Anwendungsfällen unverändert bleiben und die Anpassung der Strömungswiderstände kann durch die modulexternen Komponenten erfolgen.

[0023] Insbesondere kann auch die Ausströmleitung beziehungsweise -Öffnung modulextern implementiert sein. In diesem Fall kann aus der jeweiligen Kammer ausströmende Luft das Modul endgültig über den jeweiligen Abluftanschluss verlassen. Alternativ wäre es jedoch auch möglich, nach dem externen Leitungsabschnitt beziehungsweise der Drosselung die Luft in das Pneumatikmodul zurückzuführen. Dies kann zweckmäßig sein, um beispielsweise die über die Leitungszweige abgeführte Luft über eine modulinterne Ausströmleitung zu einer modulseitigen Ausströmöffnung zu führen und/oder um einen in das Pneumatikmodul integrierten Schalldämpfer für die über alle Leitungszweige abgeführte Luft zu nutzen.

[0024] Die Ventilanordnung kann die einzelnen Abluftanschlüsse selektiv mit der Abluftleitung beziehungsweise der jeweiligen Kammer verbinden, sodass durch Wahl

des freigegebenen Abluftanschlusses beziehungsweise der Anzahl der freigegebenen Abluftanschlüsse beziehungsweise der Kombination der freigegebenen Abluftanschlüsse verschiedene Strömungswiderstände für die Luftabfuhr eingestellt werden können.

[0025] Das Pneumatikmodul kann zudem einen Zuluftanschluss aufweisen, wobei durch eine Teilanordnung der Ventilanordnung oder ein Wegeventil die jeweilige Kammer selektiv mit dem Zuluftanschluss oder der Abluftleitung verbunden werden kann.

[0026] Eine erste der Kammern kann in allen zur Entlüftung der ersten Kammer dienenden Betriebszuständen mit der Abluftleitung verbunden sein, wobei einer der Leitungszweige an der von der Abluftleitung abgewandten Seite des in diesem Leitungszweig angeordneten Sperrventils oder des Wegeventils, das zur selektiven Verbindung der Abluftleitung mit den verschiedenen Leitungszweigen dient, in allen zur Entlüftung der zweiten der Kammern dienenden Betriebszustände mit der zweiten Kammer verbunden ist. Insbesondere kann dieser Leitungszweig jenseits der Verbindung zur zweiten Kammer eine Drossel beziehungsweise Blende aufweisen, die insbesondere einen relativ geringen Strömungsquerschnitt aufweist beziehungsweise durch die eine Bypassleitung für die zweite Kammer verwirklicht wird.

[0027] Die beschriebene Verbindung des Leitungszweiges mit der zweiten Kammer kann für mehrere Funktionen der Pneumatikvorrichtung genutzt werden. Zum einen kann durch Öffnen des Sperrventils in diesem Leitungszweig beziehungsweise durch Verbindung dieses Leitungszweiges mit der Abluftleitung und gleichzeitiges Öffnen beider Kammern zu diesem Leitungszweig hin ein rascher Druckausgleich zwischen den Kammern erreicht werden, insbesondere wenn der Strömungswiderstand auf diesem Pfad gering ist. Das Sperrventil in diesem Leitungszweig beziehungsweise ein diesen Leitungszweig potentiell an die erste Kammer anbindendes Wegeventil kann somit auch als Kurzschlussventil zum Kurzschließen beziehungsweise Druckausgleich zwischen den Kammern betrachtet werden.

[0028] Zudem wird der Vorteil erreicht, dass dieser Leitungszweig einerseits dazu dienen kann, durch ein Öffnen beziehungsweise Verbinden den Strömungswiderstand zum Entlüften der ersten Kammer weiter abzusenken und hierdurch wenigstens einen zusätzlichen wählbaren Strömungswiderstand zum Entlüften der ersten Kammer bereitzustellen. Zugleich ermöglicht der Leitungszweig es jedoch, in Betriebszuständen, die zum Entlüften der zweiten Kammer dienen, diese über den Leitungszweig, die Abluftleitung und mit dieser verbundene weitere Leitungszweige beziehungsweise die Bypassleitung für die erste Kammer zu entlüften, sodass auch der Strömungswiderstand zum Entlüften der zweiten Kammer variiert werden kann, auch wenn diese nur über das Sperrventil des erläuterten Leitungszweigs mit der Abluftleitung verbunden ist.

[0029] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pneumatikvorrichtung ist hingegen eine

erste Teilanordnung der Ventilanordnung dazu eingerichtet, die oder eine Abluftleitung des Leitungsnetzes in einer ersten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung mit einer ersten der Kammern und in einer zweiten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung mit der zweiten der Kammern zu verbinden, wobei eine zweite Teilanordnung der Ventilanordnung zumindest in Teilen der zur Entlüftung einer der Kammern dienenden Betriebszustände die Abluftleitung mit der Ausströmöffnung oder wenigstens einer jeweiligen der Ausströmöffnungen verbindet. Anders ausgedrückt kann eine gemeinsame Abluftleitung zur wahlfreien Entlüftung beider Kammern genutzt werden, wobei ein Strömungswiderstand zwischen dieser Abluftleitung und der Ausströmöffnung beziehungsweise der wenigstens einen jeweils genutzten Ausströmöffnung über die zweite Teilanordnung einstellbar ist. Hierdurch kann die zweite Teilanordnung der Ventilanordnung, die insbesondere, wie obig erläutert, unterschiedliche Leitungszweige freigeben beziehungsweise mit der Abluftleitung beziehungsweise der oder einer jeweiligen Ausströmleitung verbinden kann, zur Einstellung des Strömungswiderstandes beim Entlüften beider Kammern genutzt werden. Hierdurch kann die Bereitstellung von wenigstens drei Betriebszuständen zum Entlüften der jeweiligen Kammer mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen mit geringerem Aufwand implementiert werden, als bei einer separaten Entlüftung der einzelnen Kammern über separate Ventilanordnungen.

[0030] Die erste Gruppe der Betriebszustände kann insbesondere zur Druckbeaufschlagung der zweiten Kammer und zur Entlüftung der ersten Kammer dienen, also zur Beschleunigung des Kolbens in Richtung der ersten Kammer beziehungsweise zum Bremsen einer Bewegung des Kolbens in Richtung der zweiten Kammer. Die zweite Gruppe der Betriebszustände kann dann umgekehrt zur Druckbeaufschlagung der ersten Kammer und zur Entlüftung der zweiten Kammer dienen. Durch Einstellung des Strömungswiderstandes durch die zweite Teilanordnung kann hierbei die Geschwindigkeit, mit der die Entlüftung der jeweiligen Kammer erfolgt, und somit der Gegendruck eingestellt werden, womit die Stärke des Beschleunigens beziehungsweise Abbremsens des Kolbens einstellbar ist.

[0031] Neben den genannten Gruppen von Betriebszuständen sind auch weitere Betriebszustände beziehungsweise Gruppen von Betriebszuständen möglich. Beispielsweise ist es möglich, in wenigstens einem der Betriebszustände beide Kammern gleichzeitig zu entlüften beziehungsweise sie für einen Druckausgleich zwischen den Kammern zu verbinden. In weiteren Betriebszuständen können beispielsweise beide Kammern mit Druck beaufschlagt werden oder sowohl von einer Luftzufuhr als auch von den Ausströmöffnungen getrennt werden, um die Luftmengen in beiden Kammern im Wesentlichen gleich zu belassen. Dies kann beispielsweise zweckmäßig sein, um einen Kolben in einer bestimmten Position zu halten.

[0032] Es ist möglich, dass in wenigstens einem der Betriebszustände der jeweiligen Gruppe die jeweilige Kammer nicht über die Ventilanordnung mit der Ausströmöffnung verbunden ist, um ein Ausströmen zu ermöglichen, sondern dass ein solches Ausströmen in diesem Betriebszustand ausschließlich über eine Bypassleitung erfolgt, die beispielsweise dauerhaft die Abluftleitung mit relativ hohem Strömungswiderstand mit der Ausströmöffnung verbindet. Alternativ kann auf einen solchen Bypasskanal auch verzichtet werden, sodass die Verbindung zwischen Abluftleitung und Ausströmöffnung beziehungsweise Ausströmöffnungen stets über die zweite Teilanordnung der Ventilanordnung erfolgt.

[0033] Die oder eine Abluftleitung des Leitungsnetzes, die zumindest in den zur Entlüftung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszuständen mit der jeweiligen Kammer verbunden ist, kann unabhängig vom Betriebszustand der Ventilanordnung dauerhaft über wenigstens eine Bypassleitung mit der Ausströmöffnung oder wenigstens einer der Ausströmöffnungen verbunden sein. Wie bereits obig erläutert wurde, kann durch Nutzung einer solchen Bypassleitung die Anzahl der möglichen einstellbaren Strömungswiderstände bei ansonsten gleicher Ausgestaltung weiter erhöht werden, da ein Betriebszustand ermöglicht wird, in dem die Entlüftung ausschließlich über die Bypassleitung erfolgt. Beispielsweise können wenigstens 90 % der aus der Kammer entweichenden Luft in diesem Betriebszustand über die Bypassleitung abgeführt werden. Der Rest der aus der Kammer abgeführten Luft kann beispielsweise über Leckagen entweichen.

[0034] Die Kammern können jeweils über genau einen Kammeranschluss mit dem Leitungsnetz verbunden sein, wobei die Ventilanordnung derart eingerichtet sein kann, dass die oder eine erste Teilanordnung der Ventilanordnung den jeweiligen Kammeranschluss in wenigstens einem zur Druckbeaufschlagung der jeweiligen Kammer dienenden Betriebszustand von der Ausströmöffnung oder allen Ausströmöffnungen, und insbesondere von der Abluftleitung, trennt und mit einem Druckluftanschluss und/oder einer Druckluftquelle der Pneumatikvorrichtung verbindet.

[0035] Die erste Teilanordnung kann die jeweilige Kammer wahlweise mit dem Druckluftanschluss beziehungsweise der Druckluftquelle und der Abluftleitung verbinden. Optional kann in wenigstens einem Betriebszustand der Ventilanordnung die erste Teilanordnung die jeweilige Kammer sowohl von dem Druckluftanschluss beziehungsweise der Druckluftquelle als auch von der Abluftleitung trennen und/oder die beiden Kammern des Pneumatikzylinders miteinander verbinden. Wie obig erläutert, kann eine zweite Teilanordnung der Ventilanordnung den Strömungswiderstand zwischen der Abluftleitung und der wenigstens einen Ausströmöffnung einstellen.

[0036] Die erste Teilanordnung kann beispielsweise ein 3/2-Wegeventil pro Kammer umfassen, das die jeweilige Kammer in einer ersten Stellung mit einer Druck-

luftleitung beziehungsweise dem Druckluftanschluss beziehungsweise der Druckluftquelle verbindet und in einer zweiten Stellung mit der Abluftleitung verbindet.

[0037] Alternativ kann die erste Teilanordnung auch durch ein einzelnes Wegeventil gebildet sein, das Anschlüsse zumindest für die erste und zweite Kammer, eine Druckluftleitung beziehungsweise den Druckluftanschluss beziehungsweise eine Druckluftquelle und die Abluftleitung aufweist. In einem solchen Fall kann somit ein Wegeventil mit vier Anschlüssen genutzt werden, je nach konkreter Ausgestaltung der Pneumatikvorrichtung kann es jedoch auch vorteilhaft sein, fünf oder mehr Anschlüsse zu nutzen. Ein solches gemeinsames Wegeventil sollte zumindest zwei Schaltzustände aufweisen, nämlich einen ersten Schaltzustand, der die erste Kammer mit Druck beaufschlagt und die zweite Kammer mit der Abluftleitung verbindet und einen zweiten Schaltzustand, der diese Verbindung umkehrt. Bevorzugt wird jedoch zumindest noch eine sperrende Mittelstellung vorgesehen und/oder optional ein weiterer Schaltzustand, der die Kammern unmittelbar über das Wegeventil verbindet. Somit kann als gemeinsames Wegeventil beispielsweise ein 4/3- oder 5/3-Wegeventil genutzt werden.

[0038] Die zweite Teilanordnung kann, wie obig erläutert, dazu dienen, die Abluft selektiv über mehrere Leitungszweige zu führen. Sie kann die obig erläuterten Sperrventile zum Sperren der Leitungszweige beziehungsweise ein Wegeventil zum selektiven Verbinden der Leitungszweige mit der Abluftleitung beziehungsweise der oder einer jeweiligen Ausströmöffnung umfassen. Alternativ oder ergänzend kann die zweite Teilanordnung ein Proportionalventil umfassen, das eine quasikontinuierliche Einstellung des Strömungswiderstands zwischen der Abluftleitung und der wenigstens einen Ausströmöffnung ermöglicht.

[0039] Die erste Teilanordnung der Ventilanordnung kann dazu eingerichtet sein, eine Druckbeaufschlagungsleitung der Pneumatikvorrichtung, die mit dem Druckluftanschluss und/oder der Druckquelle verbunden ist, in der oder einer zweiten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung mit der oder einer ersten der Kammern und in der oder einer ersten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung mit der zweiten der Kammern zu verbinden. Beide Kammern können somit aus einer gemeinsamen Druckquelle beziehungsweise über einen gemeinsamen Druckluftanschluss gespeist werden. In einer dritten Gruppe der Betriebszustände können optional beide Kammern von der Druckbeaufschlagungsleitung getrennt sein. Die erste Gruppe umfasst insbesondere zumindest Teile der Betriebszustände, die zur Entlüftung der zweiten Kammer dienen und umgekehrt.

[0040] Die Ventilanordnung kann derart eingerichtet sein, dass bei stromloser Ventilanordnung eine ausgewählte der Kammern mit der oder einer Druckquelle und/oder dem oder einem Druckluftanschluss der Pneumatikvorrichtung verbunden ist und die andere der Kam-

mern mit der Ausströmöffnung oder wenigstens einer der Ausströmöffnungen verbunden ist, wobei insbesondere die Verbindung zwischen der anderen Kammer und der Ausströmöffnung in jenem der zur Entlüftung dieser Kammer dienenden Betriebszustände erfolgt, in dem der höchste Strömungswiderstand für die Entlüftung resultiert.

[0041] Durch die erläuterte Ausgestaltung kann bei einem stromlos Schalten der Pneumatikvorrichtung beziehungsweise einem Stromausfall, so lange die Druckluftversorgung sichergestellt ist, eine definierte Endstellung eingenommen werden. Dies kann beispielsweise dazu dienen, Komponenten einer Maschine in einer definierten Stellung abzustützen. Da die Verstellung in die definierte Endstellung ungesteuert erfolgt, sollte die Verstellung eher langsam und mit geringen Beschleunigungen erfolgen, wodurch die obig genannte Einstellung des maximalen Strömungswiderstandes für die Entlüftung vorteilhaft sein kann.

[0042] Die Vorgabe einer bestimmten Stellung eines Wegeventils beziehungsweise Sperrventils bei Stromlosigkeit ist an sich bekannt. Beispielsweise kann zur Verbindung der jeweiligen Kammer zur Druckbeaufschlagungsleitung und Abluftleitung ein jeweiliges 3/2-Wegeventil genutzt werden, wobei für eine Kammer ein stromlos offenes und für eine Kammer ein stromlos geschlossenes Wegeventil verwendet wird beziehungsweise die Anschlüsse der Ventile derart belegt werden, dass das obig erläuterte Verhalten resultiert.

[0043] Bezüglich der zweiten Teilanordnung beziehungsweise der Einstellung des Strömungswiderstandes für das Entlüften kann das obig erläuterte Verhalten beispielsweise dadurch realisiert werden, dass, wie obig erläutert, mehrere Leitungszweige mit jeweiligen Sperrventilen und zusätzlich eine Bypassleitung verwendet werden, wobei als Sperrventile stromlos geschlossene Ventile verwendet werden, sodass bei einem Stromloschalten beziehungsweise Stromausfall die Entlüftung ausschließlich über die Bypassleitung erfolgt.

[0044] Vorzugsweise umfasst die Pneumatikvorrichtung wenigstens einen Sensor, der zur Erfassung von Sensordaten bezüglich der Position des Kolbens bezüglich des Pneumatikzylinders und/oder bezüglich der Orientierung des Kolbens und/oder des Pneumatikzylinders im Raum und/oder bezüglich des Drucks in wenigstens einer der Kammern eingerichtet ist, wobei die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, den Betriebszustand der Ventilanordnung in Abhängigkeit der Sensordaten einzustellen.

[0045] Durch Erfassung der Position des Kolbens beziehungsweise von hieraus abgeleiteten Größen, beispielsweise einer Geschwindigkeit und/oder einer Beschleunigung des Kolbens, kann die tatsächliche Bewegung des Kolbens überwacht werden und somit durch geeignete Steuerung der Ventilanordnung an eine vorgegebene Soll-Bewegung angepasst werden. Insbesondere kann durch den Positionssensor ein Erreichen beziehungsweise vorzugsweise eine Annäherung an einen

Anschlag erkannt werden und die Kolbenbewegung kann rechtzeitig ruckfrei abgebremst werden.

[0046] Wie bereits obig erläutert wurde, können durch unterschiedliche Betriebszustände der Ventilanordnung unterschiedlich starke Beschleunigungen des Kolbens in die beiden Bewegungsrichtungen eingestellt werden, sodass zur Steuerung beziehungsweise Regelung der Bewegung beispielsweise bedarfsgerecht Beschleunigungen verstärkt oder reduziert werden können beziehungsweise von einem Beschleunigen auf ein Bremsen gewechselt werden kann und umgekehrt beziehungsweise die Bewegungsrichtung des Kolbens durch geeignete Beschleunigung verändert werden kann.

[0047] Für eine optimale Steuerung der Kolbenbewegung sollen auf den Kolben wirkende Kräfte möglichst frühzeitig erkannt werden. Somit kann es vorteilhaft sein, diese Kräfte nicht oder nicht ausschließlich durch Ihren Einfluss auf die Bewegung des Kolbens zu erfassen, sondern entsprechende Kräfte beziehungsweise Parameter, die zu Beschleunigungen des Kolbens führen können, unmittelbar als Sensordaten zu erfassen.

[0048] Durch Erfassung des Drucks in den Kammern beziehungsweise einer Druckdifferenz zwischen den Kammern können unmittelbar auf den Kolben wirkende Kräfte erfasst und somit Beschleunigungen vorausgesagt beziehungsweise unmittelbar über die Drücke in den Kammern gesteuert oder geregelt werden.

[0049] Die Erfassung der Orientierung des Kolbens beziehungsweise des Pneumatikzylinders im Raum ist vorteilhaft, da in Abhängigkeit der Orientierung dieser Komponenten im Raum die Schwerkraft unterschiedlich starken Einfluss auf die Bewegung des Kolbens nimmt und beispielsweise bei fester Orientierung zu einer konstanten Zusatzbeschleunigung des Kolbens führt, die durch entsprechende Steuerung der Ventilanordnung beziehungsweise Einstellen eines geeigneten Druckunterschieds kompensiert werden kann. Die Berücksichtigung der Orientierung ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn sich die Orientierung des Pneumatikzylinders beziehungsweise Kolbens im Raum über die Zeit ändert, beispielsweise wenn die Pneumatikvorrichtung in einer Maschine genutzt wird, in der sie verschwenkt wird oder Ähnliches.

[0050] Bewegungsabläufe des Kolbens können in der Steuereinrichtung selbst definiert sein und bestimmte Bewegungsabläufe können beispielsweise durch externe Steuersignale ausgelöst werden. Alternativ können über einen Steuereingang Signale empfangen werden, bei deren Empfang bestimmte Positionen angefahren werden beziehungsweise zwischen zwei Positionen, an denen Anschläge vorhanden sein können, gewechselt wird. Steuersignale können über beliebige Schnittstellen, beispielsweise über I/O-Link®, eine serielle Schnittstelle, ein Netzwerkprotokoll, einen Feldbus oder Ähnliches empfangen werden.

[0051] Ferner ist es möglich, dass für eine bestimmte Bewegung ein vollständiger Bewegungsablauf definiert ist und die Steuereinrichtung die Ventilanordnung derart

ansteuert, dass die Abweichung von dem vorgegebenen Bewegungsablauf minimiert wird.

[0052] Es sind jedoch auch einfachere Steueransätze möglich, bei denen beispielsweise bestimmten Kolbenpositionen und/oder Geschwindigkeit im Rahmen einer bestimmten Bewegung festen Betriebszuständen der Ventilanordnung zugeordnet sind. Beispielsweise kann bei einer Bewegung zu einem Anschlag hin an fest vorgegebenen Abstandsgrenzen ein fest vorgegebener Betriebszustand gewählt werden, um den Kolben kontrolliert abzubremsen beziehungsweise der Betriebszustand kann in Abhängigkeit der Kolbengeschwindigkeit an den jeweiligen Positionen gewählt werden.

[0053] Die Steuereinrichtung kann dazu eingerichtet sein, bei Erfüllung einer von den Sensordaten abhängigen Rekuperationsbedingung die Ventilanordnung derart anzusteuern, dass jene der Kammern, deren Volumen aktuell durch die Bewegung des Kolbens verkleinert wird, mit der oder einer Druckquelle verbunden wird, um Druckluft in die Druckquelle zurückzuführen. Ist beispielsweise eine relativ starke Bremsung des Kolbens gewünscht und der Kolben beziehungsweise eine von diesem bewegte Masse weist eine große Trägheit auf, führt die Verdichtung des Gases in der verkleinerten Kammer beim Abbremsen des Kolbens zu einem hohen Energieeintrag. Das Gas kann auf einen höheren Druck als den Druck der Druckquelle komprimiert werden und der Energieeintrag kann somit genutzt werden, um Gas in einen Druckspeicher rückzuspeisen und somit die Effizienz der Pneumatikvorrichtung zu erhöhen.

[0054] Die jeweilige Kammer kann in mehreren oder allen der zur Entlüftung dieser Kammer dienenden Betriebszuständen über ein Proportionalventil mit der Ausströmöffnung oder mit wenigstens einer der Ausströmöffnungen verbunden sein, wobei der Öffnungsgrad des Proportionalventils in diesen Betriebszuständen voneinander unterschiedlich ist. Insbesondere kann der Öffnungsgrad und somit auch der Strömungswiderstand des Proportionalventils in wenigstens drei Stufen oder quasi-kontinuierlich verändert werden. Das Proportionalventil kann somit für sich genommen oder in Verbindung mit einer Bypassleitung bereits ausreichend sein, die wenigstens drei voneinander unterschiedlichen Strömungswiderstände bereitzustellen.

[0055] Besonders vorteilhaft kann es jedoch sein, die Nutzung eines Proportionalventils mit anderen diskutierten Ansätzen, beispielsweise mit dem selektiven Öffnen beziehungsweise Verbinden von Leitungszweigen, zur Anpassung des Stromwiderstandes zu kombinieren, sodass eine Grobanpassung des Strömungswiderstands beispielsweise durch Schalten von Sperrbeziehungsweise Wegeventilen erreicht werden kann, während das Proportionalventil zur Feinabstimmung des Strömungswiderstands verwendet werden kann.

[0056] Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen schematisch:

Fig. 1 u. 2 Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Pneumatikvorrichtung,

Fig. 3 ein Pneumatikmodul, das statt dem in Fig. 1 genutzten Pneumatikmodul verwendet werden kann, und

Fig. 4 u. 5 weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Pneumatikvorrichtung.

[0057] Fig. 1 zeigt eine Pneumatikvorrichtung 1 mit einem Pneumatikzylinder 5 und einen in dem Pneumatikzylinder 5 beweglich gelagerten Kolben 6, durch den ein Innenraum des Pneumatikzylinders 5 in zwei Kammern 7, 8 unterteilt ist. Die Kammern 7, 8 sind im Beispiel über einen einzigen jeweiligen Kammeranschluss 37, 38 mit einem Leitungsnetz 10 verbunden, das einerseits eine Druckbeaufschlagung der Kammern 7, 8 über einen Druckluftanschluss 31 beziehungsweise eine Druckquelle 39 der Pneumatikvorrichtung 1 ermöglicht und andererseits ein Entlüften der jeweiligen Kammer 7, 8 über die Ausströmöffnungen 11 bis 13.

[0058] Das Leitungsnetz 10 umfasst eine Ventilanordnung 9. Diese dient einerseits dazu, die jeweilige Kammer 7, 8 in einem jeweiligen Betriebsmodus der Ventilanordnung 9, der zur Druckbeaufschlagung der jeweiligen Kammern 7, 8 dient, mit der Druckquelle 39 zu verbinden und von den Ausströmöffnungen 11 bis 13 zu trennen. Andererseits dient die Ventilanordnung 9 dazu, die jeweilige Kammer in mehreren jeweils zur Entlüftung der jeweiligen Kammer 7, 8 genutzten Betriebszuständen der Ventilanordnung 9 jeweils mit wenigstens einer der Ausströmöffnungen 11 bis 13 zu verbinden. Zur Veränderung der Betriebszustände steuert die Steuereinrichtung 14 den jeweiligen Aktor 51 der Sperrventile 20, 21 beziehungsweise Wegeventile 47, 48 der Ventilanordnung 9 an.

[0059] Das Leitungsnetz 10 ist dabei derart ausgebildet, dass in verschiedenen Betriebszuständen, im Beispiel bei verschiedenen Schaltzuständen der Sperrventile 20, 21, für eine jeweilige zu entlüftende Kammer, die im Beispiel über das jeweilige Wegeventil 47, 48 mit der Abluftleitung 15 verbunden ist, unterschiedliche Strömungswiderstände für ein Ausströmen der Luft zu einer oder mehreren der Ausströmöffnungen 11 bis 13 resultieren. Hierdurch unterscheidet sich in den verschiedenen Betriebszuständen bei gegebenem Druck in der jeweiligen zu entlüftenden Kammer 7, 8 und im Bereich der Ausströmöffnungen 11 bis 13 die pro Zeit aus der jeweiligen Kammer 7, 8 austretende Luftbeziehungsweise Gasmenge.

[0060] Hierdurch wird es ermöglicht, dass beispielsweise bei einer Druckbeaufschlagung der nicht zu entlüftenden Kammer für den Kolben unterschiedlich starke Beschleunigungen resultieren, je nachdem welcher Betriebszustand und somit welcher Strömungswiderstand durch die Steuereinrichtung 14 gewählt wird. Entsprechend kann durch Wahl eines geeigneten Strömungswi-

derstands bei der Entlüftung beispielsweise auch ein verschieden starkes Abbremsen des Kolbens nach Ende der Druckbeaufschlagung der anderen Kammer erfolgen, um beispielsweise ein hartes Anschlagen und somit ein ruckendes Stoppen des Kolbens 6 zu vermeiden.

[0061] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden die verschiedenen Strömungswiderstände dadurch realisiert, dass die Abluftleitung 15 über zwei Leitungszweige 16, 17, die ein jeweiliges Sperrventil 20, 21 aufweisen, mit den Ausströmöffnungen 11, 12 verbunden ist und zusätzlich über eine Bypassleitung 23 dauerhaft mit der Ausströmöffnung 13 verbunden ist.

[0062] In der gezeigten Schaltstellung der Sperrventile 20, 21, die auch in einem stromlosen Zustand der Pneumatikvorrichtung 1 beziehungsweise der Ventilanordnung 9 eingenommen wird, ist ausschließlich die Kammer 8 mit der Abluftleitung 15 verbunden. Da die Sperrventile 20, 21 sperrend geschaltet sind, kann die Luft beziehungsweise das Gas aus der Kammer 8 ausschließlich über die Bypassleitung 23 und die Ausströmöffnung 13 ausströmen. Die Bypassleitung 23 weist hierbei einen hohen Strömungswiderstand auf, was beispielsweise durch Nutzung einer geeigneten Blende 26 mit geringem Strömungsquerschnitt realisiert werden kann. Hierdurch kann das in der Kammer 8 enthaltene Gas nur recht langsam ausströmen.

[0063] Da im stromlosen Zustand im gezeigten Beispiel zudem eine Druckbeaufschlagung der Kammer 7 über das Wegeventil 48 erfolgt, wird der Kolben 6 im Beispiel im stromlosen Zustand bis zu einem Anschlag links im Bild, also bis zur minimalen Ausdehnung der Kammer 8, verfahren, wobei aufgrund des hohen Strömungswiderstands der Bypassleitung 23 hierbei keine allzu hohen Geschwindigkeiten erreicht werden, was bei einem ungesteuerten Verfahren im stromlosen Zustand typischerweise vorteilhaft ist. Der stromlose Zustand entspricht auch im bestromten Zustand der Pneumatikvorrichtung 1 einem nutzbaren Betriebszustand zur Entlüftung der Kammer 8. Durch Umschalten beider Wegeventile 47, 48 ist auch eine Entlüftung in der Kammer 7 mit im wesentlichen gleichem Strömungswiderstand möglich.

[0064] Im Betrieb der Pneumatikvorrichtung 1 sind häufig höhere Beschleunigungen des Kolbens 6 gewünscht, als sie bei einer ausschließlichen Entlüftung der jeweiligen zu entlüftenden Kammer 7, 8 über die Bypassleitung 23 erreicht werden können. Höhere Beschleunigungen können dadurch erreicht werden, dass der Strömungswiderstand für das aus der jeweiligen zu entlüftenden Kammer 7, 8 ausströmende Gas reduziert wird, was im gezeigten Beispiel dadurch ermöglicht werden kann, dass die Steuereinrichtung 14 den jeweiligen Aktor 51 des Sperrventils 20 und/oder des Sperrventils 21 ansteuert um den Leitungszweig 16 und/oder den Leitungszweig 17 freizugeben.

[0065] Im einfachsten Fall können die Leitungszweige 16, 17 bei jeweils geöffnetem Sperrventil 20, 21 hierbei näherungsweise den gleichen Strömungswiderstand

aufweisen, beispielsweise dann, wenn in beiden Leitungszweigen 16, 17 gleiche Blenden 24, 25 beziehungsweise Drosseln zur Strömungsbegrenzung genutzt werden. Ist dies der Fall, so können drei Betriebszustände mit unterschiedlichen Strömungswiderständen zum Entlüften der jeweiligen Kammer 7, 8 bereitgestellt werden. Der minimale Strömungswiderstand wird erreicht, wenn beide Leitungszweige 16, 17 durch Öffnen beider Sperrventile 20, 21 freigegeben werden. Ein mittlerer Strömungswiderstand wird dann erreicht, wenn nur einer der Leitungszweige 16, 17 freigegeben wird, indem nur eines der Sperrventile 20, 21 durch Ansteuerung des jeweiligen Aktors 51 freigegeben wird. Der maximale Strömungswiderstand wird durch schließen beider Sperrventile 20, 21, erreicht.

[0066] Die Bewegung des Kolbens 6 wird im Beispiel durch die Steuereinrichtung 14 gesteuert, die je nach Betriebszustand einen Schaltzustand der Wegeventile 47, 48 beziehungsweise der Sperrventile 20, 21 vorgibt. Die verschiedenen Betriebszustände führen hierbei zu Beschleunigungen des Kolbens 6 in unterschiedliche Richtungen beziehungsweise mit unterschiedlicher Stärke beziehungsweise können auch zu einem Halten einer Kolbenposition 6 führen.

[0067] Die Bewegung des Kolbens 6 kann gemäß einem festen Muster gesteuert werden oder es können beispielsweise Auslösesignale für einen Stellungswechsel oder konkrete Sollpositionen von einer externen Einrichtung bereitgestellt werden. Um ein gewünschtes Bewegungsverhalten zu realisieren ist es hierbei zweckmäßig, die relative Position des Kolbens 6 bezüglich des Pneumatikzylinders 5 durch einen Sensor 41 zu erfassen. Im Beispiel erfolgt dies dadurch, dass der Kolben 6 eine Magnetkodierung 45 aufweist, die über einen Magnetfeldsensor 41, beispielsweise einen Hall-Sensor, erfassbar ist.

[0068] Die Steuereinrichtung kann ergänzend oder alternativ zur Position des Kolbens 6 auch eine aus den Sensordaten ermittelte Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Kolbens 6 berücksichtigen. In einem einfachen Beispiel kann beispielsweise bei einem Erreichen einer bestimmten Position vor einem Anschlag bei einer Bewegung des Kolbens 6 auf den Anschlag zu, insbesondere in Abhängigkeit der aktuellen Geschwindigkeit des Kolbens 6, eine Beschleunigung des Kolbens 6 reduziert beziehungsweise dieser stark gebremst werden, indem der Strömungswiderstand für aus der zu verkleinernden Kammer 7 beziehungsweise 8 ausströmendes Gas durch Schließen eines oder beider Sperrventile 20, 21 erhöht wird.

[0069] Es ist jedoch auch möglich, komplexere Steuervorgänge durchzuführen, bei denen beispielsweise für eine bestimmte Stellung des Kolbens 6 ein Sollbewegungsmuster vorgegeben ist und durch Anpassung der Betriebszustände die tatsächliche über den Sensor 41 erfasste Bewegung des Kolbens 6 derart geregelt wird, dass eine Abweichung zur Sollbewegung minimiert wird.

[0070] Prinzipiell ist es möglich, auf den Kolben 6 wir-

kende Kräfte anhand einer über den Sensor 41 erfassten Beschleunigung des Kolbens 6 zu erkennen und bei der Steuerung der Pneumatikvorrichtung 1 zu berücksichtigen. Um entsprechende Kräfte schneller zu erkennen und hierdurch beispielsweise eine Regelverzögerung zu minimieren, kann es jedoch vorteilhaft sein, über Sensoren 42, 43 den Druck in der jeweiligen Kammer 7, 8 zu erfassen und/oder über den Sensor 44 die Orientierung des Pneumatikzylinders 5 und somit auch des Kolbens 6 im Raum, um einen Einfluss der Schwerkraft auf die Kolbenbewegung 6 zu ermitteln und bei der Steuerung zu berücksichtigen. Hierdurch können beispielsweise Überschwinger einer Positionsreglung und andere Ungenauigkeiten minimiert werden, wodurch besonders ruck- und vibrationsarme Kolbenbewegungen erreicht werden können.

[0071] Um die Bewegung des Kolbens 6 möglichst genau steuern zu können, kann es vorteilhaft sein, wenn mehr als drei voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände zum Entlüften der jeweiligen Kammer 7, 8 bereitgestellt werden können. Dies kann in der in Fig. 1 gezeigten Ausgestaltung besonders einfach dadurch realisiert werden, dass die Leitungszweige 16, 17 derart ausgestaltet werden, dass sie bei jeweils geöffnetem Sperrventil 20, 21 voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände aufweisen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass Drossel beziehungsweise Blenden 24, 25 in den Leitungszweigen 16, 17 genutzt werden, die voneinander unterschiedliche Strömungsquerschnitte aufweisen. Ergänzend oder alternativ ist es auch möglich, in wenigstens einem der Leitungszweige 16, 17 eine Blende 24, 25 beziehungsweise Drossel vorzusehen, deren Strömungsquerschnitt einstellbar ist.

[0072] Während in der Pneumatikvorrichtung 1 durch die Steuereinrichtung 14 bedarfsgerecht verschiedene Betriebszustände der Ventilanordnung 9 einstellbar sind, in denen unterschiedliche Strömungswiderstände für die Entlüftung einer jeweiligen Kammer 7, 8 resultieren, kann es zweckmäßig sein, in unterschiedlichen Anwendungsfällen unterschiedliche maximale beziehungsweise minimale Strömungswiderstände zu nutzen beziehungsweise auch die Strömungswiderstände für Zwischenstufen anzupassen. Dies ist in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch besonders einfach möglich, dass die Abschnitte 32, 33 der Leitungszweige 16, 17 beziehungsweise der Abschnitt 34 der Bypassleitung 23, in denen jeweils die den Strömungswiderstand dominierende Blende 24 - 26 angeordnet ist, als separate Module ausgebildet sind, wie an einem jeweiligen Abluftanschluss 28, 29 eines Pneumatikmoduls 27 angebracht sind, das den Pneumatikzylinder 5 mit dem Kolben 6 und jenen Teil des Leitungsnetzes 10, der die Ventilanordnung 9 umfasst, umfasst. Hierdurch sind die Blenden 24 bis 26 beziehungsweise diese umfassenden Abschnitte 32 - 34 der Leitungszweige 16, 17 leicht austauschbar beziehungsweise es können verschiedene Blenden 24 - 26 und/oder Drosseln und/oder Module, die entsprechenden Leitungsabschnitte 32 - 34 umfassen,

genutzt werden, um das Pneumatikmodul 27 auf unterschiedliche Anforderungen anzupassen.

[0073] Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Ventilanordnung 9 zwei Teilanordnungen 35, 36. Die erste Teilanordnung 35 dient hierbei dazu, in dem in Fig. 1 gezeigten Zustand die Kammer 8 mit der Abluftleitung 15 und somit zumindest mit der Ausströmöffnung 13 und je nach Schaltzustand der zweiten Teilanordnung 36 optional zusätzlich mit den Ausströmöffnungen 11 und 12 zu verbinden, während die Kammer 7 mit der Druckquelle 39 verbunden ist. Durch Umschalten beider Wegeventile 47, 48 der ersten Teilanordnung 35 kann hingegen die Kammer 8 mit der Druckquelle 39 und die Kammer 7 mit der Abluftleitung 15 und somit wie erläutert mit den Ausströmöffnungen 11 - 13 verbunden werden. Optional kann auch ein Betriebszustand genutzt werden, bei dem ausgehend von der in Fig. 1 gezeigten Schaltstellung durch ausschließliches Umschalten des Wegeventils 48 beide Kammern 7, 8 mit der Abluftleitung 15 verbunden sind, womit ein rascher Druckausgleich zwischen den Kammer 7, 8 ermöglicht wird, wodurch der Kolben 6 näherungsweise frei beweglich ist.

[0074] Die bisherige Diskussion geht davon aus, dass eine Abfuhr von Gas aus den Kammern 7, 8 ausschließlich über die Abluftleitung 15 erfolgt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Steuereinrichtung bei Erfüllung einer von den Sensordaten der Sensoren 41 - 44 abhängigen Rekuperationsbedingung jene der Kammer 7, 8 deren Volumen durch die momentane Bewegung des Kolbens 6 verkleinert wird, durch Ansteuerung der Wegeventile 47, 48 der ersten Teilanordnung 35 mit der Druckquelle 39 verbindet. Dies ist insbesondere zweckmäßig, wenn der Druck in der sich verkleinerten Kammer, der beispielsweise über den Sensor 41 beziehungsweise 43 direkt erfasst werden kann, oberhalb des Drucks der Druckquelle liegt, da in diesem Fall Gas zurück in die Druckquelle gespeist werden kann, wodurch die Effizienz der Pneumatikvorrichtung 1 weiter erhöht werden kann.

[0075] Fig. 2 zeigt eine Pneumatikvorrichtung 2, die weitgehend wie die in Fig. 1 gezeigten Pneumatikvorrichtung 1 aufgebaut ist, jedoch in einigen Punkten modifiziert ist, die im Folgenden genauer erläutert werden.

[0076] Ein erster Unterschied ist, dass die erste Teilanordnung 35 zur selektiven Verbindung der jeweiligen Kammer 7, 8 mit der Druckbeaufschlagungsleitung 40 oder der Abluftleitung 15 statt durch die zwei in Fig. 1 genutzten Wegeventile 47, 48 durch ein gemeinsames Wegeventil 49 gebildet ist. Im Beispiel wird hierbei ein 4/3-Wegeventil mit gesperrter Mittelstellung genutzt. Alternativ wäre es beispielsweise möglich, eine zusätzliche Ventilstellung vorzusehen, um die Kammern 7, 8 unmittelbar über das Wegeventil 49 zu verbinden und/oder am Ventil weitere Anschlüsse, beispielsweise separate Anschlüsse für die Leitungszweige 16, 17 und/oder die Bypassleitung 23 vorzusehen.

[0077] Als weiterer Unterschied zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel werden in der Pneumatik-

vorrichtung 2 die Leitungszweige 16, 17 und die Bypassleitung 23 nach der jeweiligen Blende 24, 25, 26 in einer gemeinsamen Ausströmleitung 18 zusammengeführt, womit für die gesamte Pneumatikvorrichtung 2 nur eine Ausströmöffnung 11 erforderlich ist. Dies kann insbesondere vorteilhaft sein, wenn, wie im gezeigten Ausführungsbeispiel, die Ausströmöffnung 11 mit einem Schalldämpfer 50 versehen ist, da in diesem Fall durch Nutzung eines gemeinsamen Schalldämpfers für beide Leitungszweige 16, 17 und die Bypassleitung 23 der Bauraumbedarf der Pneumatikvorrichtung 2 reduziert werden kann.

[0078] Die Nutzung einer gemeinsamen Ausströmleitung 18 ist in dem in Fig. 2 gezeigtem Ausführungsbeispiel besonders einfach möglich, da dort die Blenden 24 - 26 nicht außerhalb eines Pneumatikmoduls 27 als separate Komponenten beziehungsweise als Teil von separaten Modulen ausgebildet sind, wie dies in Fig. 1 der Fall war. Soll solch ein modularer Aufbau genutzt werden, könnte trotzdem eine gemeinsame Ausströmleitung 18 genutzt werden, beispielsweise indem die Abschnitte 32 - 34 der Leitungszweige 16, 17 beziehungsweise der Bypassleitung 23 nach dem Führen durch die jeweilige Blende 24 - 26 in einer Abwandlung des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels zurück in das Pneumatikmodul 27 geführt und dort in einer gemeinsamen Ausströmleitung zusammengeführt würden.

[0079] Fig. 3 zeigt ein Pneumatikmodul 52, das in dem in Fig. 1 genutzten Ausführungsbeispiel statt dem Pneumatikmodul 27 nutzbar wäre. Im Wesentlichen unterscheidet sich das Pneumatikmodul 52 von dem in Fig. 1 genutzten Pneumatikmodul 27 dadurch, dass als zweite Teilanordnung 36 der Ventilanordnung 9 ein 3/3-Wegeventil genutzt wird, durch das wahlweise beide Leitungszweige 16, 17 von der Abluftleitung 15 getrennt werden oder jeweils einer der Leitungszweige 16, 17 mit der Abluftleitung 15 verbunden wird. Somit kann durch geeignete Ansteuerung des Wegeventils 22 durch die Steuereinrichtung 14 ausschließlich die Bypassleitung 23 oder die Bypassleitung gemeinsam mit entweder dem ersten Leitungszweig 16 oder dem zweiten Leitungszweig 17 zur Entlüftung der jeweiligen Kammer 7, 8 genutzt werden.

[0080] Weisen die Leitungszweige 16, 17 beziehungsweise darin angeordnete Blenden 24, 25 beziehungsweise Drosseln voneinander unterschiedliche Strömungswiderstände auf, können durch die drei Schaltstellungen des Wegeventils 22 somit drei verschiedene Strömungswiderstände zum Abführen von Gas aus der jeweiligen mit der Abluftleitung 15 verbundenen Kammer 7, 8 eingestellt werden.

[0081] Die in Fig. 3 gezeigte Ausgestaltung könnte beispielsweise dadurch modifiziert werden, dass in einem der Schaltzustände des Wegeventils 22 beide Leitungszweige 16, 17 mit der Abluftleitung 15 verbunden werden. Dieser Schaltzustand kann einen der Schaltzustände ersetzen, in dem nur einer der Leitungszweige 16, 17 mit der Abluftleitung 15 verbunden wird, oder es kann sich

hierbei um einen zusätzlichen Schaltzustand handeln, um die mögliche Anzahl bereitstellbarer Strömungswiderstände zu erhöhen.

[0082] Die in Fig. 4 dargestellte Pneumatikvorrichtung 3 entspricht weitgehend der in Fig. 2 dargestellten Pneumatikvorrichtung 2, wobei abweichend für die erste Teilanordnung 35 die bereits mit Bezug zu Fig. 1 erläuterte Ausgestaltung gewählt wurde. Statt der Nutzung zweier Leitungszweige 16, 17 mit einem jeweiligen Sperrventil 20, 21 wird in Fig. 4 jedoch nur ein einziger Leitungszweig genutzt, dessen Strömungswiderstand durch ein Proportionalventil 46 einstellbar ist. Die Steuereinrichtung 14 ist hierbei dazu eingerichtet, wenigstens drei verschiedene Stellungen des Proportionalventils 46 einzustellen, um wenigstens drei unterschiedliche Strömungswiderstände für aus einer jeweiligen Kammer 7, 8 abzuführendes Gas einzustellen.

[0083] Die in Fig. 5 gezeigte Pneumatikvorrichtung 4 unterscheidet sich von der in Fig. 2 gezeigten Pneumatikvorrichtung 2 einerseits dadurch, dass die erste Teilanordnung 35 der Ventilanordnung 9 statt über ein einzelnes Wegeventil 49 über zwei Wegeventile 47, 48 implementiert ist, wie dies bereits mit Bezug auf Fig. 1 erläutert wurde. Zudem ist die Kammer 8 auf andere Weise mit der Ausströmöffnung 11 verbunden, wie im Folgenden noch genauer erläutert wird: Die Kammer 7 ist, wie bereits zu Fig. 1 beziehungsweise Fig. 2 erläutert wurde, in allen zur Entlüftung der Kammer 7 dienenden Betriebszuständen der Ventilanordnung 9 mit der Abluftleitung 15 verbunden, wobei die Abluftleitung 15 einerseits dauerhaft über die Bypassleitung 23 und andererseits schaltbar über die Leitungszweige 16, 17 mit der Ausströmöffnung 11 verbunden ist.

[0084] In jenen Zuständen, die zur Entlüftung der Kammer 8 dienen, also in dem in Fig. 5 gezeigten Schaltzustand des Wegeventils 47, ist die Kammer 8 jedoch auf der von der Abluftleitung 15 abgewandten Seite des Wegeventils 21 mit diesem verbunden. Ist das Wegeventil 21 somit im geschlossenen Zustand, wie in Fig. 5 dargestellt ist, erfolgt eine Entlüftung der Kammer 8 ausschließlich über die Blende 24 beziehungsweise den hinteren Abschnitt des Leitungszweiges 17.

[0085] Durch Verstellen des Wegeventils 21 wird die Kammer 8 jedoch zusätzlich mit der Abluftleitung 15 und somit zumindest über die Bypassleitung 23 und, bei zusätzlicher Betätigung des Sperrventils 20 über den Leitungszweig 16 mit der Ausströmöffnung 11 verbunden.

[0086] Auch in der in Fig. 5 gezeigten Ausgestaltung können somit bei gleichen Strömungswiderständen der Leitungszweige 16, 17 beziehungsweise der Blenden 24, 25 drei verschiedene Strömungswiderstände zum Entlüften der jeweiligen Kammer 7, 8 bereitgestellt werden beziehungsweise bei unterschiedlichen Strömungswiderständen der Leitungszweige 16, 17 beziehungsweise Blenden 24, 25 sogar vier verschiedene Strömungswiderstände.

Patentansprüche

1. Pneumatikvorrichtung mit einem Pneumatikzylinder (5) und einem in dem Pneumatikzylinder (5) beweglich gelagerten Kolben (6), durch den ein Innenraum des Pneumatikzylinders (5) in zwei Kammer (7, 8) unterteilt ist, wobei die Kammern (7, 8) mit einem eine Ventilanordnung (9) umfassenden Leitungsnetz (10) der Pneumatikvorrichtung (1-4) verbunden sind, wobei das Leitungsnetz (10) dazu eingerichtet ist, die jeweilige Kammer (7, 8) in mehreren zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen der Ventilanordnung (9) mit einer Ausströmöffnung (11-13) oder wenigstens einer jeweiligen ausgewählten von mehreren Ausströmöffnungen (11-13) der Pneumatikvorrichtung (1-4) zu verbinden und in wenigstens einem weiteren Betriebszustand der Ventilanordnung (9) von der Ausströmöffnung (11-13) oder allen Ausströmöffnungen (11-13) zu trennen, wobei eine Steuereinrichtung (14) der Pneumatikvorrichtung (1-4) dazu eingerichtet ist, den Betriebszustand der Ventilanordnung (9) einzustellen,
dadurch gekennzeichnet, dass das Leitungsnetz (10) derart ausgebildet ist, dass in wenigstens drei der zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszustände die Verbindung der jeweiligen Kammer (7, 8) zu der Ausströmöffnung (11-13) oder der jeweiligen ausgewählten Ausströmöffnung (11-13) mit voneinander unterschiedlichen Strömungswiderständen erfolgt.
2. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Kammern (7, 8) zumindest in den zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen mit einer Abluftleitung (15) verbunden ist, wobei das Leitungsnetz wenigstens zwei Leitungszweige (16, 17) umfasst, die sich jeweils von der Abluftleitung (15) des Leitungsnetzes zu einer oder einer jeweiligen Ausströmleitung (18, 19) erstrecken, wobei die oder die jeweilige Ausströmleitung (18, 19) mit der Ausströmöffnung (11-13) oder jeweils wenigstens einer der Ausströmöffnungen (11-13) verbunden ist,
 - wobei einerseits in den Leitungszweigen (16, 17) jeweils ein Sperrventil (20, 21) der Ventilanordnung (9) angeordnet ist, um den jeweiligen Leitungszweig (16, 18) in Abhängigkeit des Betriebszustands der Ventilanordnung (9) freizugeben oder zu sperren, wobei in den wenigstens drei zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen voneinander unterschiedliche Leitungszweige (16, 17) und/oder voneinander unterschiedliche Kombinationen von Leitungszweigen (16, 17) freigegeben sind, und/oder
 - wobei andererseits ein Wegeventil (22) der Ventilanordnung (9) dazu eingerichtet ist, die Abluftleitung (15) oder die Ausströmleitung (18, 19) selektiv mit den verschiedenen Leitungszweigen (16, 17) zu verbinden, wobei in den wenigstens drei zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen voneinander unterschiedliche Leitungszweige (16, 17) und/oder voneinander unterschiedliche Kombinationen von Leitungszweigen (16, 17) mit der Abluftleitung (15) und der oder der jeweiligen Ausströmleitung (18, 19) verbunden sind.
3. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei der Leitungszweige (16, 17) voneinander unterschiedliche Strömungswiderständen aufweisen.
4. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einem der Leitungszweigen (16, 17) oder in allen Leitungszweigen (16, 17) jeweils eine Blende (24, 25) und/oder eine Drossel angeordnet ist.
5. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in einem ersten der Leitungszweige (16, 17) angeordnete Drossel und/oder Blende (24, 25) einen Strömungsquerschnitt aufweist, der sich von dem Strömungsquerschnitt der in einem zweiten der Leitungszweige (16, 17) angeordneten Blenden (24, 25) und/oder Drosseln unterscheidet und/oder dass wenigstens ein der Blenden (24, 25) und/oder Drosseln einen einstellbaren Strömungsquerschnitt aufweist.
6. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pneumatikvorrichtung (1) ein Pneumatikmodul (27, 52) umfasst, das zumindest den Pneumatikzylinder (5), den Kolben (6) und jenen Teil des Leitungsnetzes, der die Abluftleitung (15) und die Ventilanordnung (9) umfasst, ausbildet, wobei das Pneumatikmodul (27, 52) für mehrere oder alle der Leitungszweige (16, 17) einen jeweiligen Abluftanschluss (28, 29) aufweist, über den ein jeweiliger separat von dem Pneumatikmodul (27, 52) ausgebildeter Abschnitt (32, 33) des jeweiligen Leitungszweiges (16, 17) an das Pneumatikmodul (27, 52) angeschlossen ist, wobei der separat von dem Pneumatikmodul (27, 52) ausgebildete Abschnitt die Drossel und/oder Blende (24, 25) des jeweiligen Leitungszweiges (16, 17) umfasst.
7. Pneumatikvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste der Kammern (7, 8) in allen zur Entlüftung der ersten Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen mit der

- Abluftleitung (15) verbunden ist, wobei einer der Leitungszweige (16, 17) an der von der Abluftleitung (15) abgewandten Seite des in diesem Leitungszweig (16, 17) angeordneten Sperrventils (20, 21) oder des Wegeventils (22), das zur selektiven Verbindung der Abluftleitung (15) mit den verschiedenen Leitungszweigen (16, 17) dient, in allen zur Entlüftung der zweiten der Kammern (7, 8) dienenden Betriebszustände mit der zweiten Kammer (7, 8) verbunden ist.
8. Pneumatikvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Teilanordnung (35) der Ventilanordnung (9) dazu eingerichtet ist, die oder eine Abluftleitung (15) des Leitungsnetzes (10) in einer ersten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung (9) mit einer ersten der Kammern (7, 8) und in einer zweiten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung (9) mit der zweiten der Kammern (7, 8) zu verbinden, wobei eine zweite Teilanordnung (36) der Ventilanordnung (9) zumindest in Teilen der zur Entlüftung einer der Kammern (7, 8) dienenden Betriebszustände die Abluftleitung (15) mit der Ausströmöffnung (11-13) oder wenigstens einer jeweiligen der Ausströmöffnungen (11-13) verbindet.
9. Pneumatikvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder eine Abluftleitung (15) des Leitungsnetzes (19), die zumindest in den zur Entlüftung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen mit der jeweiligen Kammer (7, 8) verbunden ist, unabhängig vom Betriebszustand der Ventilanordnung (9) dauerhaft über wenigstens eine Bypassleitung (23) mit der Ausströmöffnung (11-13) oder wenigstens einer der Ausströmöffnungen (11-13) verbunden ist.
10. Pneumatikvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammern (7, 8) jeweils über genau einen Kammeranschluss (37, 38) mit dem Leitungsnetz (10) verbunden sind, wobei die Ventilanordnung (9) derart eingerichtet ist, dass die oder eine erste Teilanordnung (35) der Ventilanordnung (9) den jeweiligen Kammeranschluss (37, 38) in wenigstens einem zur Druckbeaufschlagung der jeweiligen Kammer (7, 8) dienenden Betriebszustand von der Ausströmöffnung (11-13) oder allen Ausströmöffnungen (11-13), und insbesondere von der Abluftleitung (15), trennt und mit einem Druckluftanschluss (31) und/oder einer Druckluftquelle (39) der Pneumatikvorrichtung (1) verbindet.
11. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Teilanordnung (35) der Ventilanordnung (9) dazu eingerichtet ist, eine Druckbeaufschlagungsleitung (40) der Pneumatikvorrichtung (1-4), die mit dem Druckluftanschluss (31) und/oder der Druckquelle (39) verbunden ist, in der oder einer zweiten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung (9) mit der oder einer ersten der Kammern (7, 8) und in der oder einer ersten Gruppe der Betriebszustände der Ventilanordnung (9) mit der zweiten der Kammern (7, 8) zu verbinden.
12. Pneumatikvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilanordnung (9) derart eingerichtet ist, dass bei stromloser Ventileinrichtung (9) eine ausgewählt der Kammern (7, 8) mit der oder einer Druckquelle (39) und/oder dem oder einem Druckluftanschluss (31) der Pneumatikvorrichtung (1) verbunden ist und die andere der Kammern (7, 8) mit der Ausströmöffnung (11-13) oder wenigstens einer der Ausströmöffnungen (11-13) verbunden ist, wobei insbesondere die Verbindung zwischen der anderen Kammer (7, 8) und der Ausströmöffnung (11-13) in jenem der zur Entlüftung dieser Kammer (7, 8) dienenden Betriebszustände erfolgt, in dem der höchste Strömungswiderstand für die Entlüftung resultiert.
13. Pneumatikvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens einen Sensor (41-44) umfasst, der zur Erfassung von Sensordaten bezüglich der Position des Kolbens (6) bezüglich des Pneumatikzylinders (5) und/oder bezüglich der Orientierung des Kolbens (6) und/oder des Pneumatikzylinders (5) im Raum und/oder bezüglich des Drucks in wenigstens einer der Kammern (7, 8) eingerichtet ist, wobei die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Betriebszustand der Ventilanordnung (9) in Abhängigkeit der Sensordaten einzustellen.
14. Pneumatikvorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, bei Erfüllung einer von den Sensordaten abhängigen Rekuperationsbedingung die Ventilanordnung (9) derart anzusteuern, dass jene der Kammern (7, 8), deren Volumen aktuell durch die Bewegung des Kolbens (6) verkleinert wird, mit der oder einer Druckquelle (39) verbunden wird, um Druckluft in die Druckquelle (39) zurück zu führen.
15. Pneumatikvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Kammer (7, 8) in mehreren oder allen der zur Entlüftung dieser Kammer (7, 8) dienenden Betriebszuständen über ein Proportionalventil (46) mit der Ausströmöffnung (11-13) oder mit wenigstens einer der Ausströmöffnungen (11-13) verbunden ist, wobei der Öffnungsgrad des Proportionalventils (46) in diesen Betriebszuständen voneinander unterschiedlich ist.

FIG. 1

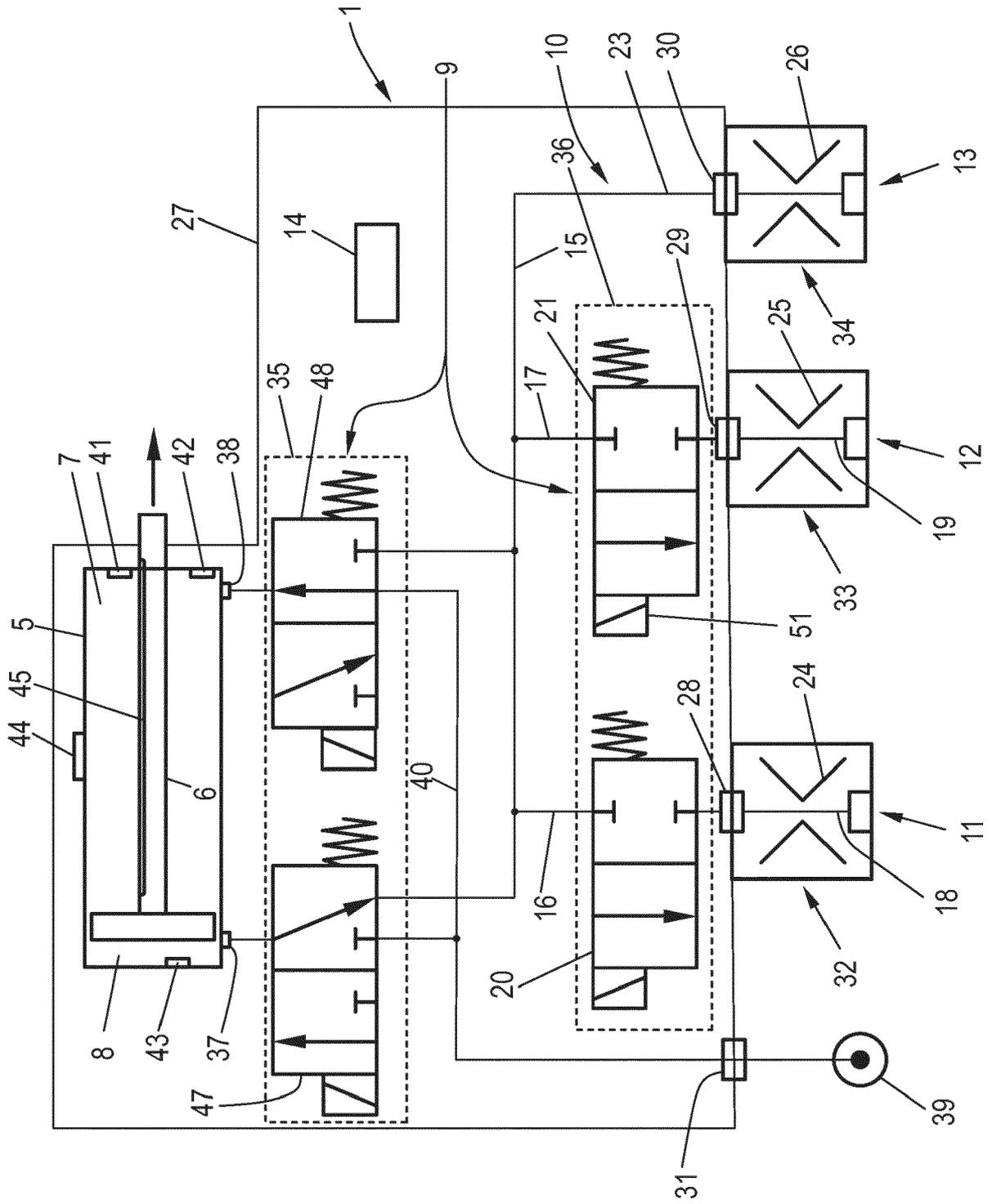


FIG. 2

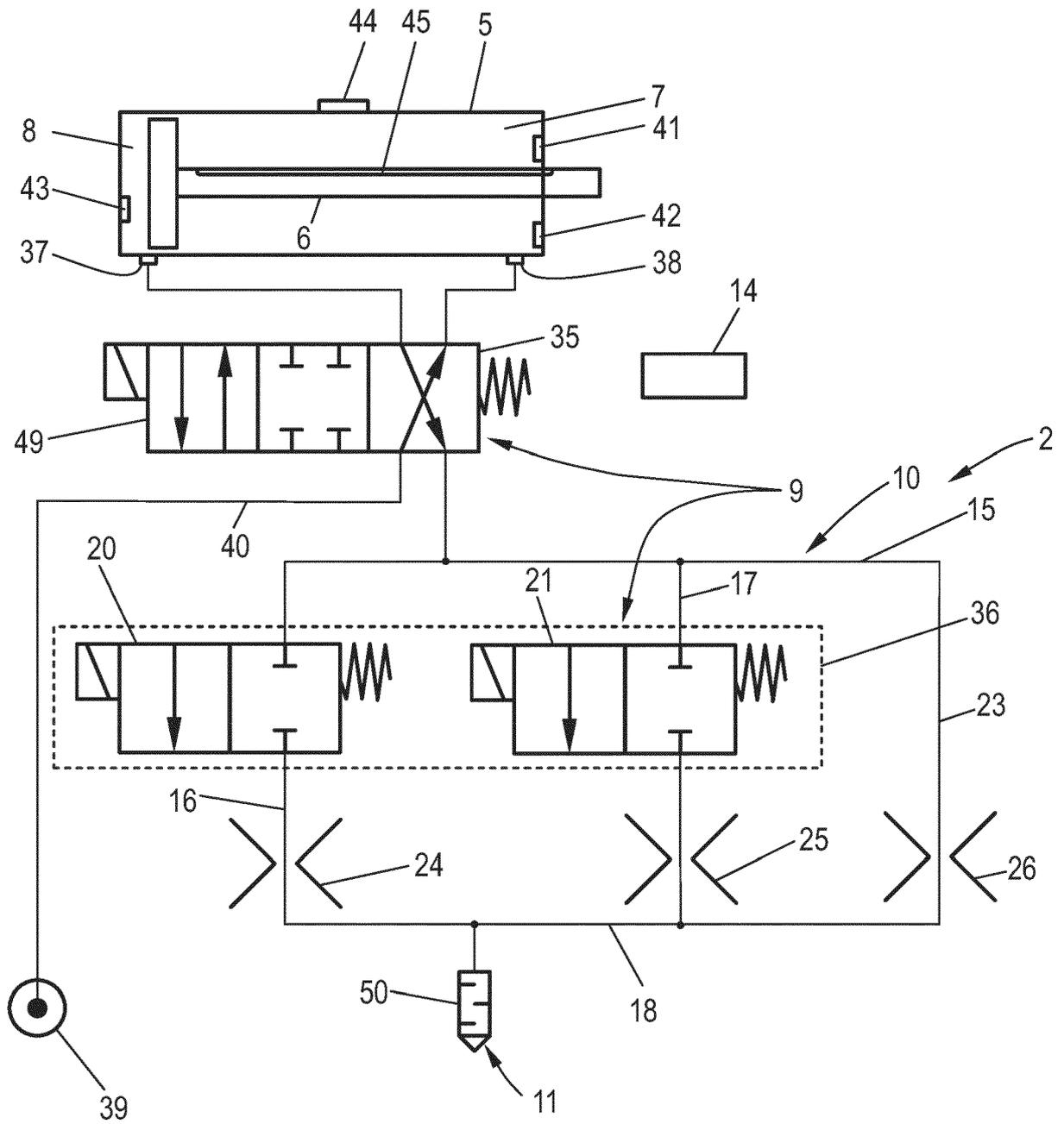


FIG. 3

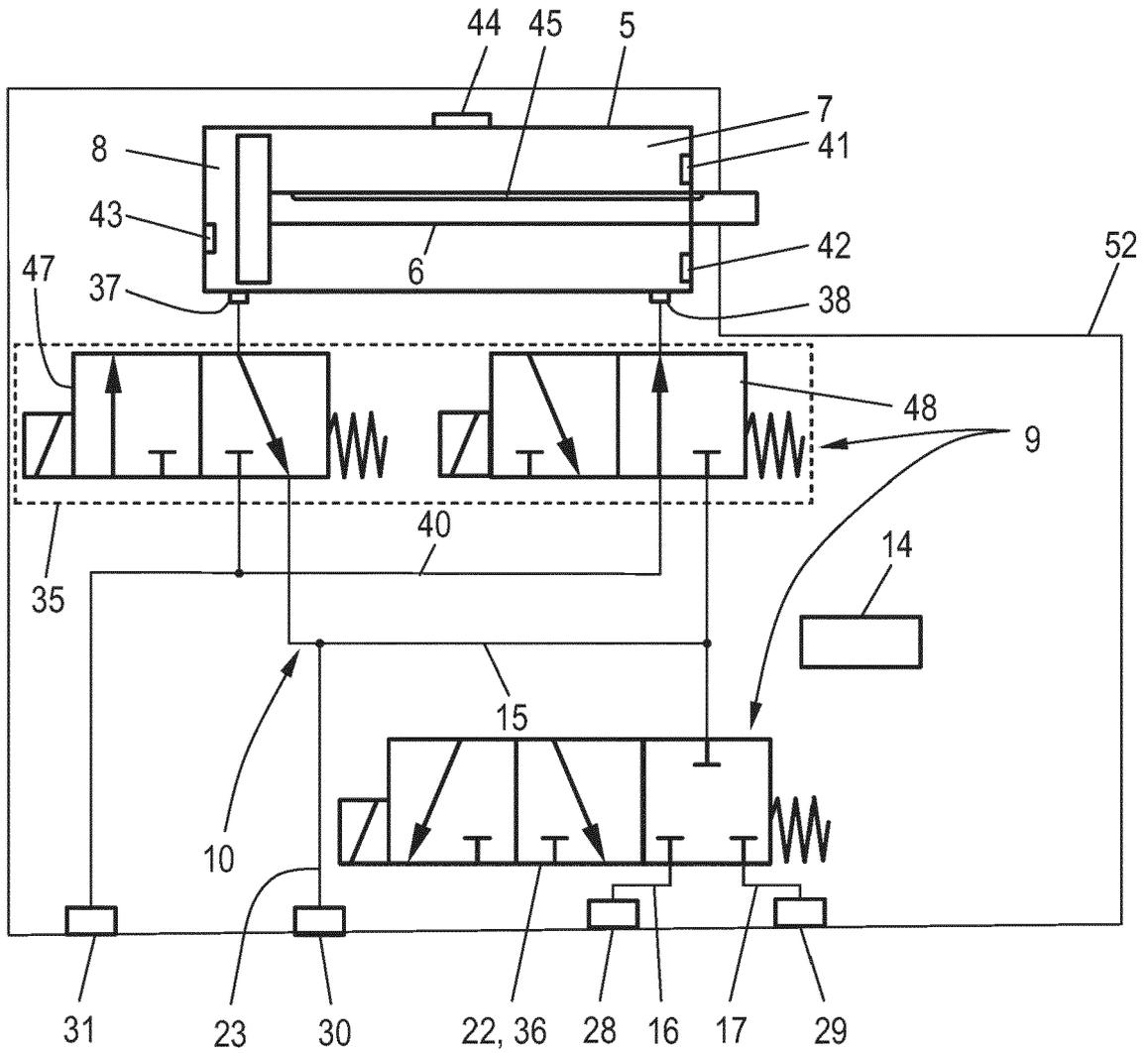
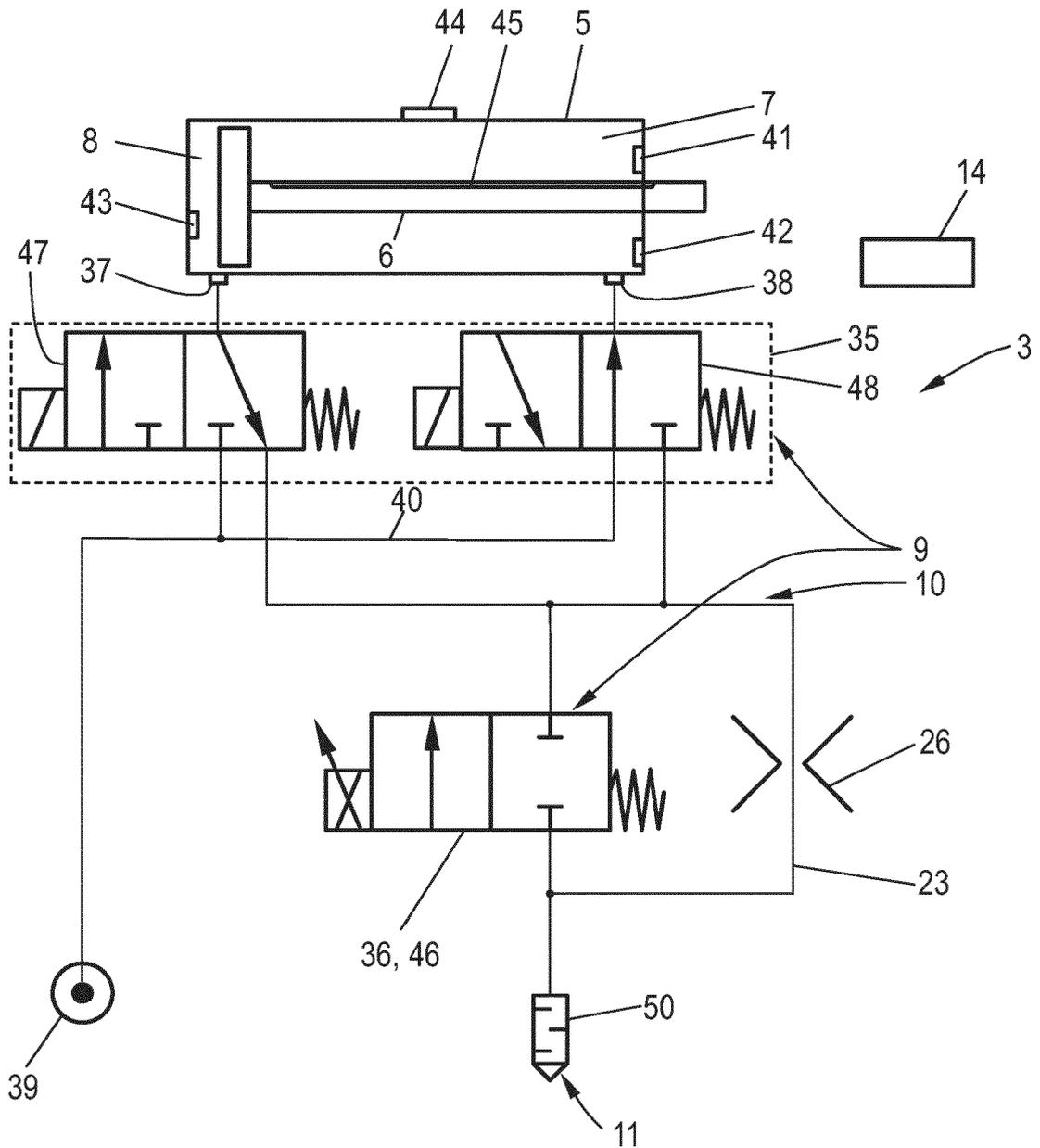


FIG. 4



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

EP 23 15 5813

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

30-06-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019136876 A1	09-05-2019	KEINE	
US 2008271596 A1	06-11-2008	CN 101203681 A	18-06-2008
		JP 5244383 B2	24-07-2013
		JP WO2006106985 A1	25-09-2008
		US 2008271596 A1	06-11-2008
		WO 2006106985 A1	12-10-2006
EP 0111637 A1	27-06-1984	DE 3246537 A1	20-06-1984
		EP 0111637 A1	27-06-1984
JP S6060381 A	06-04-1985	JP S6060381 A	06-04-1985
		JP S6213555 B2	27-03-1987
JP S63163503 U	25-10-1988	KEINE	

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 102010032750 A1 [0003] [0006]