

(19)



(11)

**EP 3 695 125 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.12.2021 Patentblatt 2021/49**

(51) Int Cl.:  
**F15B 20/00** <sup>(2006.01)</sup> **F15B 19/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **18812035.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2018/000282**

(22) Anmeldetag: **03.10.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2019/072328 (18.04.2019 Gazette 2019/16)**

**(54) VENTILANORDNUNG UND STEUERUNGSVERFAHREN**

VALVE ARRANGEMENT AND CONTROL METHOD

SYSTÈME DE SOUPAPES ET PROCÉDÉ DE COMMANDE

(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: **10.10.2017 DE 102017009374**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.08.2020 Patentblatt 2020/34**

(73) Patentinhaber: **Aventics GmbH**  
**30880 Laatzen (DE)**

(72) Erfinder: **TADJE, Stefan**  
**30161 Hannover (DE)**

(74) Vertreter: **Spahn, Tobias et al**  
**BBS Bier Brehm Spahn**  
**Partnerschaft Rechtsanwälte**  
**Brandstwierte 46**  
**20457 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-01/59307 DE-A1- 4 221 756**  
**DE-A1-102007 041 583 DE-A1-102009 037 120**

**EP 3 695 125 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****Technisches Gebiet**

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Ventilanordnung und ein Steuerungsverfahren für die sichere Steuerung pneumatischer Antriebe.

**Stand der Technik**

- 10 **[0002]** Für die Verwendung pneumatisch vorgesteuerter Ventile in Steuerungen für pneumatische Antriebe bestehen in bestimmten Anwendungsbereichen betriebssicherheitstechnische Anforderungen, die sich beispielsweise aus Vorgaben der Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) oder der sicherheitsspezifischen Norm EN ISO 13849 ergeben. So muss etwa bei Türsteuerungen in Werkzeugmaschinen während eines manuellen Eingriffs durch den Bediener eine unerwartete Bewegung des Antriebszylinders sicher unterbunden sein. Gemäß ISO 13849-2:2012 folgt hieraus für  
15 Ventile unter anderem die Forderung des Fehlerausschlusses "Selbsttätige Veränderung der Ausgangsschaltstellung ohne Eingangssignal".

- [0003]** Zur Steuerung pneumatischer Antriebe, etwa eines doppelt-wirkenden pneumatischen Arbeitszylinders, ist im Stand der Technik die Verwendung elektropneumatisch vorgesteuerter Ventile mit einer elektrisch direkt betätigten Vorstufe (Vorsteuerventil, Pilotventil) und einer indirekt über die Vorstufe pneumatisch betätigten Hauptstufe (Hauptventil)  
20 bekannt. Derart pneumatisch vorgesteuerte Ventile werden auch als mehrstufige Ventile bezeichnet und umfassen beispielsweise als Vorstufe ein elektrisch betätigtes 3/2-Wege Vorsteuermagnetventil in Sitzventilbauweise (auch als "Pilotmagnetventil" bezeichnet) mit einer mechanischen Federrückstellung und als Hauptstufe ein pneumatisch ebenfalls gegen eine mechanische Feder betätigtes 5/2-Wege-Schieberventil in Längs- oder Kolbenschieberbauweise. Der Aufbau derart elektropneumatisch vorgesteuerter Ventile geht beispielsweise aus dem von den Druckschriften EP 0 846 873  
25 A2 oder EP 0 463 394 B1 offenbarten Stand der Technik hervor. Hierbei schaltet das elektrisch betätigte 3/2-Wege Vorsteuermagnetventil als Vorstufe die an seinem Eingang anliegende Steuerluft auf den ebenfalls federbelasteten Längs- oder Kolbenschieber der Hauptstufe auf. Die Steuerluft kann vom Vorsteuerventil entweder intern über den Druckluftanschluss des mehrstufigen Ventils (also die von der Hauptstufe geschaltete Druckluftversorgung zu den Arbeitsanschlüssen des Antriebs), oder extern über einen gesonderten Steuerluftanschluss bezogen werden. Eine externe Zuführung der Steuerluft wird beispielsweise verwendet, wenn die Hauptstufe nur sehr geringe Drücke schalten soll,  
30 die zur Betätigung des Antriebskolbens selbst nicht ausreichen. Beim Einsatz in sicherheitsbezogenen Anwendungen besitzen derart vorgesteuerte Ventile den Nachteil, dass ein möglicher Bruch der Feder des Vorsteuerventils dessen Schließkraft verringert und der anliegende Luftdruck das Vorsteuerventil aufdrücken und so Steuerluft auf den Antriebschieber oder -kolben der Hauptstufe gelangen kann. Hierdurch kann die Hauptstufe schalten und den pneumatischen  
35 Antrieb unerwartet selbsttätig beaufschlagen.

- [0004]** Zur Überwindung dieses Nachteils für sicherheitsrelevante Funktionen ist es im Stand der Technik allgemein bekannt, die Möglichkeit der externen Zuführung der Steuerluft für eine redundante Schaltung zu nutzen. Eine solche im Stand der Technik bekannte redundante Ventilanordnung mit den beiden Ventilen 101 und 102 ist in dem Schaltbild Fig. 10 in ihrer unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit den Ventilen 101 und 102 in ihrer Ruhestellung  
40 dargestellt. Die beiden Ventile 101 und 102 sind in ihrer Vor- und Hauptstufe jeweils mit einer mechanischen Federrückstellung ausgebildet. Das als elektropneumatisch vorgesteuertes 5/2-Wegeventil ausgestaltete Ventil 101 ist unmittelbar den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 vorgeordnet, welche es in einer Ruhe- und einer Schaltstellung abwechselnd gegensinnig mit dem Druckluftanschluss 105 und einem der Druckluftausgänge 106 oder 107 (auch als Abluftanschlüsse bezeichnet) verbindet. Die beiden Kammern eines mit den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 verbundenen doppeltwirkenden pneumatischen Antriebs sind über das Ventil 101 also in dessen beiden Schaltzuständen (Ruhestellung einerseits und Schaltstellung andererseits) abwechselnd gegensinnig beaufschlagt und entlüftet. Der Steuerluftversorgung des Vorsteuerventils 108, welches die zur Beaufschlagung der Hauptstufe 109 des Ventils 101 erforderlichen Steuerluft bereitstellt, ist das Ventil 102 vorgeschaltet, das als elektropneumatisch vorgesteuertes 3/2-Wegeventil 102 mit dem Vorsteuerventil 110 ausgestaltet ist. Das Vorsteuerventil 110 bezieht die von ihm geschaltete Steuerluft intern über den  
50 Druckluftanschluss 111. Das Ventil 102 gibt die Druckluftversorgung für das Vorsteuerventil 108 des Ventils 101 in seinem Schaltzustand frei und sperrt diese in seiner Ruhestellung ab. Es müssen daher stets beide Ventile 101 und 102 gleichzeitig schalten, um an den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 eine Zustandsänderung herbeiführen zu können. Eine solche Schaltung besitzt den Vorteil, dass ein Federbruch in einem der beiden Vorsteuerventile 108 oder 110 ohne Eingangssignal alleine nicht zu einem Zustandswechsel an den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 führen kann. So kann  
55 ein Federbruch im Vorsteuerventil 110 zwar möglicherweise zum Schalten der Hauptstufe 112 des Ventils 102 führen, was die Bereitstellung eines Steuerdrucks am Vorsteuerventil 108 zur Folge hätte. Da dieses jedoch mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet, ändert das Ventil 101 nicht seinen Schaltzustand. Umgekehrt kann auch ein Federbruch im Vorsteuerventil 108 alleine nicht zum Schalten des Ventils 101 führen, weil am Vorsteuerventil 108 kein

Steuerdruck anliegt, da das Ventil 102 mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet. Nachteilhaft ist bei einer solchen Schaltung jedoch, dass ein Federbruch in nur einem der beiden Vorsteuerventile 108 oder 110 im Betrieb jeweils nicht erkannt werden kann. So würden die beiden Ventile 101 und 102 in diesen beiden Fällen beim Anliegen eines elektrischen Steuersignals schalten, weil die Vorsteuerventile 108 und 110 elektromagnetisch direktschaltend sind und ihre Lage jeweils auch ohne Gegenkraft ändern. Ferner würde das Ventil 101 bei der Wegnahme der Steuersignale in diesen beiden Fällen auch stets auch wieder zurückschalten, weil entweder durch die Rückkehr des Ventils 102 (mit unbeschädigter Rückstellfeder) in seine Ruhestellung am Vorsteuerventil 108 kein der federbelasteten Hauptstufe 109 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt (= Bruch der Feder des Vorsteuerventils 108) oder im anderen Fall das unbeschädigte Ventil 101 ohnehin in seine Ruhestellung zurückkehrt (= Bruch der Feder des Vorsteuerventils 110). Da das Ventil 101 mithin in beiden Fehlerfällen jeweils wieder in seine Ruhestellung zurückkehrt, tritt auch den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 jeweils wieder eine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weshalb ein mit den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 verbundener pneumatischer Antrieb auch wieder seinen Zustand ändern würde. Der Betrieb eines mit den Arbeitsanschlüssen 103 und 104 verbundenen doppelt wirkenden pneumatischen Antriebs würde daher in beiden Fehlerfällen - soweit von außen wahrnehmbar - unbeeinträchtigt weiterlaufen, weshalb derartige Einzelfehler im Betrieb daher ohne zusätzliche Einrichtungen unerkannt blieben. Mit Hilfe fachgeläufiger Überlegungen könnte dies etwa durch die Integration entsprechender elektronischer Überwachungsmaßnahmen, beispielsweise dem Einsatz von Lagesensoren zur Abfrage der Schaltstellung der Ventile und zeitversetzten Schaltungssignalen sowie einer entsprechenden Auswertung innerhalb einer übergeordneten Steuerung erreicht werden, was jedoch mit einem entsprechenden Konstruktions- und Implementierungsaufwand verbunden ist, der die Kosten der eigentlichen Ventilfunktion in der Praxis deutlich übersteigt.

**[0005]** Aus der WO 03/004194 A1 ist eine Ventilanordnung mit zwei in Reihe geschalteten, selbsttätig rückstellenden Hauptventilen und ihnen jeweils zugeordneten Vorsteuerventilen bekannt, die beispielsweise der Ansteuerung eines doppeltwirkenden Pneumatikzylinders dienen kann. Die Hauptventile sind zur abwechselnden gegensinnigen Beaufschlagung und Entlüftung der beiden Kammern des Arbeitszylinders in einer Ruhe- und einer Schaltstellung angeordnet, wobei zur Einnahme der Schaltstellung jeweils beide Hauptventile schalten müssen. Zur Implementierung einer Sicherheitsfunktion sind die Hauptventile jeweils zur Betätigung von Schaltern ausgebildet, die über externe Relais eine elektrische Betätigung der elektrisch betätigten Vorsteuerventile ermöglichen. Eine elektrische Betätigung erfolgt nur, wenn beide Hauptventile in ihrer Ruhestellung und die Schalter geschlossen sind. Tritt beim Rückstellen der Hauptventile ein Fehler auf, indem eines der Hauptventile nicht zurückgestellt wird, so bleibt der Stromkreis unterbrochen, wodurch eine erneute Betätigung nicht möglich ist. Dies erfordert die Integration einer entsprechenden elektrischen Schaltung mit Schaltern und Relais, was einen entsprechenden Konstruktions- und Kostenaufwand erzeugt.

**[0006]** Die DE 10 2007 041 583 A1 offenbart eine Ventilanordnung mit einem durch ein erstes Vorsteuerventil angesteuerten ersten Hauptventil und einem über ein zweites Vorsteuerventil angesteuerten zweiten Hauptventil, welche derart miteinander verschaltet sind, dass bei gleichzeitiger Ansteuerung der beiden Hauptventile mittels der Vorsteuerventile ein Schaltvorgang von einer Grundstellung in eine Arbeitsstellung stattfindet, wodurch in der Grund- und in der Arbeitsstellung zwei Arbeitsanschlüsse jeweils abwechselnd gegensinnig beaufschlagt und entlüftet werden. Zur Realisierung einer Sicherheitsfunktion zur Verhinderung eines Lastwechsels an den Arbeitsanschlüssen bei der Ansteuerung nur eines der beiden Hauptventile ist eine pneumatische Schaltung mit zwei den Vorsteuerventilen jeweils vorgeordneten Wechselventilen mit jeweils drei Anschlüssen vorgesehen, die relativ komplex ist und eine verhältnismäßig aufwendige pneumatische Kanalführung und Verschaltung mit einem entsprechend großen Bauraum erfordert.

**[0007]** Die DE 10 2009 037 120 A1 offenbart eine pneumatische Sicherheitsventileinrichtung mit zwei bistabilen Hauptventilen, die jeweils durch ein Vorsteuerventil betätigbar sind, um in eine Arbeitsstellung umgeschaltet werden zu können, in der sie bewirken, dass an zwei Arbeitsanschlüsse ein pneumatischer Druck anliegt. Der strukturelle Aufbau der Sicherheitsventileinrichtung bewirkt ein Umschalten der Hauptventile in die Arbeitsstellung nur dann, wenn die beiden Vorsteuerventile im Wesentlichen synchron betätigt werden. Wird bei nur asynchroner Betätigung nur eines der Hauptventile in die Arbeitsstellung umgeschaltet, bleibt dieser Fehlerzustand gespeichert, bis eine Rücksetzung mittels einer gesonderten Rückstellventileinrichtung erfolgt. Die pneumatische Verschaltung der Sicherheitsventileinrichtung ist aufgrund ihres Zwecks zur Bereitstellung einer pneumatischen Fehlerspeicherung relativ komplex und erfordert eine verhältnismäßig aufwendige pneumatische Kanalführung und Verschaltung mit einem entsprechend großen Bauraum.

## Offenbarung der Erfindung

**[0008]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die dargestellten Nachteile zu vermeiden. Insbesondere soll eine konstruktiv einfache Ventilanordnung für die sichere Steuerung pneumatischer Antriebe geschaffen werden, die einen Schutz vor einer plötzlichen selbsttätigen Veränderung der Ausgangsschaltstellung ohne Eingangssignal im Falle eines Fehlers in einer Rückstellereinrichtung einer Vorstufe bietet und für diesen Fall eine wirksame Fehlererkennung durch rein pneumatische Mittel ermöglicht.

**[0009]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Ventilanordnung nach Anspruch 1 gelöst, vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

rungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0010]** Den Kern der Erfindung bildet eine Ventilordnung, umfassend einen ersten und einen zweiten, mit einem pneumatischen Antrieb verbindbaren Arbeitsanschluss und ein erstes und ein zweites, jeweils elektropneumatisch vorgesteuertes Wegeventil, bei der eines oder beide Wegeventile den Arbeitsanschlüssen zu deren Beaufschlagung und Entlüftung vorgeordnet ist oder sind, wobei die Vorstufen beider Wegeventile selbsttätig rückstellend ausgebildet sind und das zweite Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung ausgebildet ist und die Vorstufe des ersten Wegeventils einen externen Steueranschluss aufweist, welcher über das zweite Wegeventil in dessen Schaltstellung beaufschlagbar und in dessen Ruhestellung entlüftbar ist, wobei das zweite Wegeventil als Rückstelleinrichtung für die Hauptstufe eine extern über das erste Wegeventil beaufschlagbare und entlüftbare Luftfeder aufweist und ein Zustandswechsel zwischen Beaufschlagung oder Entlüftung der Luftfeder des zweiten Wegeventils nach der Einnahme einer Schaltstellung durch das erste Wegeventil nur in Abhängigkeit von der Änderung des Schaltzustands des ersten Wegeventils erfolgt und ein Zustandswechsel zwischen Beaufschlagung oder Entlüftung an einem der beiden Arbeitsanschlüsse nach einer zuvor mit der Einnahme der Schaltstellung durch das zweite Wegeventil erfolgten Beaufschlagung oder Entlüftung nur in Abhängigkeit von der Einnahme der Ruhestellung durch das zweite Wegeventil erfolgt. Mit der Ventilordnung wird eine konstruktiv einfache Steuerung für einen doppelt wirkenden pneumatischen Antrieb bereitgestellt, die einen wirksamen Schutz vor einer plötzlichen selbsttätigen Veränderung der Ausgangsschaltstellung ohne Eingangssignal im Falle eines Fehlers in einer Rückstelleinrichtung einer Vorstufe bietet und die für diesen Fall gleichzeitig auch eine wirksame Fehlererkennung durch rein pneumatische Mittel ermöglicht. Im Betrieb bewirkt die Ventilordnung die wechselsinnige Beaufschlagung und Entlüftung der Arbeitsanschlüsse und damit die Steuerung eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen doppelt wirkenden pneumatischen Antriebs in dessen beiden Bewegungsrichtungen. Aufgrund der redundanten Anordnung der beiden Wegeventile ist zunächst der grundlegende Fehlerrückmeldung sichergestellt, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung einer der beiden Vorstufen (bspw. ein Federbruch in einem Vorsteuerventil) nicht zu einer unbeabsichtigten Zustandsänderung an den Arbeitsanschlüssen führt. Es müssen stets beide Wegeventile schalten, um an den Arbeitsanschlüssen eine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) herbeiführen zu können. Ein Fehler in der Vorstufe des zweiten Wegeventils in der unbetätigten (unbestromten) Ruhestellung kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe führen, was die Bereitstellung eines Steuerdrucks am Steueranschluss des ersten Wegeventils zur Folge hätte. Da dieses jedoch mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet, ändert das erste Wegeventil nicht seinen Schaltzustand. Umgekehrt kann auch ein Fehler in der Vorstufe des ersten Wegeventils in der unbetätigten Ruhestellung nicht zum Schalten seiner Hauptstufe führen, weil an seiner Vorstufe kein Steuerdruck anliegt, da das zweite Wegeventil ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Darüber hinaus besitzt die Ventilordnung jedoch den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in einer der beiden Vorstufen der beiden Wegeventile im Betrieb von außen sicher erkannt wird. Beispielsweise schalten die beiden Wegeventile beim Anliegen elektrischer Steuersignale auch im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung in einem der beiden Vorsteuerventile zunächst normal, weil die elektrisch (zum Beispiel durch Schaltmagneten) betätigten Vorstufen ihre Lage jeweils auch ohne Gegenkraft einer selbsttätigen Rückstelleinrichtung (zum Beispiel einer mechanischen Feder) ändern. Allerdings würde ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb in diesen Fehlerfällen bei der erneuten Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung müssen stets beide Wegeventile wieder ihren zuvor eingenommenen Schaltzustand verlassen (zurückschalten), damit an einem angeschlossenen pneumatischen Antrieb eine erneute Zustandsänderung (umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung der Arbeitsanschlüsse) eintreten kann. Ändert nur das erste Wegeventil bei Wegnahme des elektrischen Eingangssignals seine Schaltstellung (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils), tritt am angeschlossenen Zylinder keine erneute Zustandsänderung ein, weil an einem zuvor mit der Einnahme der Schaltstellung durch das zweite Wegeventil erfolgten beaufschlagten oder entlüfteten Arbeitsanschluss kein erneuter Zustandswechsel zwischen Beaufschlagung oder Entlüftung erfolgt. Die Hauptstufe des zweiten Wegeventils kann in diesem Fall auch bei einer Beaufschlagung der Luftfeder durch das erste Wegeventil nicht in ihre Ruhestellung zurückkehren, weil aufgrund des defekten Vorsteuerventils, das nicht zurückschalten kann, weiterhin ein der Rückbewegung der Hauptstufe entgegenwirkender Steuerdruck anliegt (der im Gegensatz zur Funktionsweise des ersten Wegeventils nicht extern gesteuert ist). Mithin kann auch der Zustand einer mit dem betroffenen Arbeitsanschluss verbundenen Kammer des pneumatischen Antriebs nicht von Beaufschlagung auf Entlüftung wechseln oder umgekehrt, die Bewegung des pneumatischen Antriebs ist blockiert. Der pneumatische Antrieb kann nicht zurückfahren, der Fehler wird erkannt. Im umgekehrten Fall (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils), kehren weder das erste, noch das zweite Wegeventil in ihre Ruhestellung zurück, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe des ersten Wegeventils kann nicht zurückschalten, solange das zweite Wegeventil nicht zurückgeschaltet hat, weil über den Steueranschluss und die defekte Vorstufe des ersten Wegeventils weiterhin ein der Rückbewegung seiner Hauptstufe entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe des zweiten Wegeventils kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe des ersten Wegeventils nicht zurückgeschaltet hat, weil die extern über das erste Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagte Luftfeder keinen Druck aufbaut. Da an den Arbeitsanschlüssen keine erneute Zustandsänderung und damit auch an einem angeschlossenen pneumatischen Antrieb keine erneute

Zustandsänderung (umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung) eintritt, kann ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb nicht zurückfahren und der Fehler wird erkannt. Ein an die Arbeitsanschlüsse angeschlossener pneumatischer Antrieb kann daher in beiden Fehlerfällen nicht seinen Zustand ändern. Beide Fehlerfälle sind mithin von außen anhand der unveränderten Stellung des Antriebs nach Schaltung erkennbar.

**[0011]** In einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung mit marktgängigen und kostengünstig verfügbaren pneumatischen Bauteilen sind die Hauptstufen der beiden Wegeventile in Schieber- und/oder die Vorstufen der beiden Wegeventile in Sitzbauweise ausgestaltet.

**[0012]** Ausgehend von der grundsätzlichen Ausgestaltung der Ventilanordnung wird in unterschiedlichen Detailausführungen die Realisierung unterschiedlicher Ventilfunktionen erreicht:

In einer konstruktiv einfachen Ausführung zur abwechselnden gegensinnigen Beaufschlagung und Entlüftung der Kammern eines doppelt wirkenden pneumatischen Antriebs (bspw. eines doppelt wirkenden Zylinders) ist das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgebildet, wobei das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung mit einer Druckluftquelle und in seiner Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet und seine Luftfeder über das erste Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und in dessen Schaltstellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil den beiden Arbeitsanschlüssen vorgeordnet ist und in der Schaltstellung den ersten Arbeitsanschluss mit einer Druckluftquelle und den zweiten Arbeitsanschluss mit einem Druckluftausgang verbindet und in der Ruhestellung den zweiten Arbeitsanschluss mit einer Druckluftquelle und den ersten Arbeitsanschluss über eine Verbindungsleitung mit der Steuerleitung verbindet, wobei in der Verbindungsleitung ein in Gegenrichtung sperrendes Rückschlagventil angeordnet ist und/oder dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils eine Drosseleinrichtung vorgeordnet ist oder sind. Mit dieser Ausführung der Ventilanordnung wird eine konstruktiv einfache Steuerung für einen doppelt wirkenden pneumatischen Antrieb bereitgestellt, die einen wirksamen Schutz vor einer plötzlichen selbsttätigen Veränderung der Ausgangsschaltstellung ohne Eingangssignal im Falle eines Fehlers in einer Rückstelleinrichtung einer Vorstufe bietet und die für diesen Fall auch eine wirksame Fehlererkennung durch rein pneumatische Mittel ermöglicht.

Im Betrieb bewirkt die Ventilanordnung in den parallelen Ruhe- und Schaltstellungen der beiden Wegeventile die abwechselnde gegensinnige Beaufschlagung und Entlüftung der Arbeitsanschlüsse und damit die Steuerung eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen doppelt wirkenden pneumatischen Antriebs in dessen beiden Bewegungsrichtungen. Aufgrund der redundanten Anordnung der beiden Wegeventile ist zunächst der grundlegende Fehlerausschluss sichergestellt, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung einer der beiden Vorstufen (bspw. ein Federbruch in einem Vorsteuerventil) nicht zu einer unbeabsichtigten Zustandsänderung an den Arbeitsanschlüssen führt. Es müssen stets beide Wegeventile gemeinsam schalten, um an den Arbeitsanschlüssen eine Zustandsänderung (gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung) herbeiführen zu können. Ein Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils in seiner unbetätigten (unbestromten) Ruhestellung kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe führen, was die Bereitstellung eines Steuerdrucks am Steueranschluss des ersten Wegeventils zur Folge hätte. Da dieses jedoch mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet, ändert das erste Wegeventil nicht seinen Schaltzustand. Gleichzeitig verhindern oder verzögern in diesem Fehlerfall das Rückschlagventil oder die Drosseleinrichtung eine Beaufschlagung des ersten Arbeitsanschlusses über die Steuerleitung, die Verbindungsleitung und das in der Ruhestellung befindliche erste Wegeventil entweder vollständig, oder jedenfalls derart, dass dies nicht zu einer gefährlichen — plötzlichen - Bewegung eines an den Arbeitsanschluss angeschlossenen pneumatischen Antriebs führen kann. Ist die Ventilanordnung anstatt mit einem Rückschlagventil ausschließlich mit einer dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils vorgeordneten Drosseleinrichtung ausgeführt, wird im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils in der unbetätigten Ruhestellung — je nach Beschaffenheit eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs - eine Zustandsänderung (Beaufschlagung) des ersten Arbeitsanschlusses nicht in jedem Fall vollständig unterbunden. Da in diesem Fehlerfall jedoch gleichzeitig der zweite Arbeitsanschluss über das erste Wegeventil und die Druckluftquelle beaufschlagt ist, besteht grundsätzlich ein der unbeabsichtigten Lageänderung eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs entgegenwirkender Gegendruck. Im Falle etwaiger, je nach Beschaffenheit eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs entstehender Kraftdifferenzen ist aufgrund der Drosseleinrichtung jedoch gewährleistet, dass eine Lageänderung allenfalls mit einer deutlich verringerten Geschwindigkeit eintreten kann, was bestehenden praktischen Vorgaben für die Betriebssicherheit im Regelfall genügt und gleichzeitig ebenfalls die Erkennbarkeit des Fehlers sicherstellt. Umgekehrt kann auch ein Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils in der unbetätigten (unbestromten) Ruhestellung nicht zum Schalten seiner Hauptstufe führen, weil an seiner Vorstufe kein Steuerdruck anliegt, da das zweite Wegeventil ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung jedoch den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung einer der beiden Vorstufen (bspw. ein Federbruch in einem Vorsteuerventil) der beiden Wegeventile im Betrieb sicher erkannt wird. In diesen beiden Fällen schalten die beiden Wegeventile beim Anliegen elektrischer Steuersignale zunächst normal, weil die elektrisch betätigten Vorstufen ihre Lage jeweils auch ohne Gegenkraft der Rückstelleinrichtungen (zum Beispiel mechanische Federn) ändern. Das erste Wegeventil verbindet in der Schaltstellung den ersten Arbeitsanschluss mit der Druckluftquelle und den zweiten Arbeitsanschluss mit einem

Druckluftausgang, ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verändert seine Lage. Allerdings würde ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb in diesen Fehlerfällen bei der Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung müssen stets beide Wegeventile zurückschalten, damit am angeschlossenen Zylinder eine erneute Zustandsänderung (umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung der Arbeitsanschlüsse) eintreten kann. Kehrt nur das erste Wegeventil ohne elektrisches Eingangssignal die Ruhestellung zurück (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils), tritt am angeschlossenen Zylinder keine erneute Zustandsänderung ein, weil entweder das Rückschlagventil (sofern vorhanden) oder der erste Arbeitsanschluss (bei Vorhandensein nur einer Drosseleinrichtung) über das zweite Wegeventil noch beaufschlagt ist und der erste Arbeitsanschluss und die damit verbundene Kammer des pneumatischen Antriebs nicht entlüftet wird. Die Hauptstufe des zweiten Wegeventils kann in diesem Fehlerfall trotz Beaufschlagung der Luftfeder nicht in ihre Ruhestellung zurückkehren, weil über die defekte Vorstufe weiterhin ein der Rückbewegung seiner Hauptstufe entgegenwirkender Steuerdruck anliegt (der im Gegensatz zur Funktionsweise des ersten Wegeventils nicht extern gesteuert ist). Ist die Ventilanordnung anstatt mit einem Rückschlagventil ausschließlich mit einer dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils vorgeordneten Drosseleinrichtung ausgeführt, tritt am angeschlossenen Zylinder ebenfalls keine erneute Zustandsänderung ein, weil der erste Arbeitsanschluss und die damit verbundene Kammer des pneumatischen Antriebs noch über das zweite Wegeventil beaufschlagt sind und nicht entlüftet werden. Es besteht grundsätzlich ein der Lageänderung eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs entgegenwirkender Gegendruck. Eine Bewegung eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs wird in diesem Fehlerfall — je nach Beschaffenheit des pneumatischen Antriebs - nicht in jedem Fall vollständig unterbunden. Im Falle etwaiger, je nach Beschaffenheit eines mit den Arbeitsanschlüssen verbundenen pneumatischen Antriebs entstehender Kraftdifferenzen ist aufgrund der Drosseleinrichtung jedoch gewährleistet, dass eine Lageänderung allenfalls mit einer deutlich verringerten Geschwindigkeit eintreten kann, was bestehenden praktischen Vorgaben für die Betriebssicherheit im Regelfall genügt und gleichzeitig ebenfalls die Erkennbarkeit des Fehlers sicherstellt. Im umgekehrten Fall (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils), kehren weder das erste, noch das zweite Wegeventil in ihre Ruhestellung zurück, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe des ersten Wegeventils kann nicht zurückschalten, solange das zweite Wegeventil nicht zurückgeschaltet hat, weil über den externen Steueranschluss weiterhin ein der Rückbewegung seiner Hauptstufe entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe des zweiten Wegeventils kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe des ersten Wegeventils nicht zurückgeschaltet hat, weil die extern über das erste Wegeventil nur in dessen Ruhestellung beaufschlagte Luftfeder keinen Druck aufbaut. Da an den Arbeitsanschlüssen keine erneute Zustandsänderung eintritt, kann ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb nicht zurückfahren und der Fehler wird erkannt.

**[0013]** In einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung der vorstehenden Ausführungen ist das zweite Wegeventil als 3/2-Wegeventil ausgestaltet und als Rückstelleinrichtung für die Hauptstufe mit einer extern über das erste Wegeventil beaufschlagbaren und entlüftbaren Luftfeder ausgebildet.

**[0014]** In einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung der vorstehenden Ausführungen ist das zweite Wegeventil als 4/2-Wegeventil ausgestaltet und als Rückstelleinrichtung für die Hauptstufe mit einer extern über das erste Wegeventil beaufschlagbaren und entlüftbaren Luftfeder ausgebildet.

**[0015]** In einer alternativen Ausführung zur abwechselnden gegensinnigen Beaufschlagung und Entlüftung der Kammern eines doppelt wirkenden pneumatischen Antriebs (bspw. eines doppelt wirkenden Zylinders) mit einer geänderten Kanalführung ist das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgebildet, wobei das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung mit einer Druckluftquelle und in einer Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet und seine Luftfeder über das erste Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und in dessen Schaltstellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil dem ersten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der Schaltstellung mit einer Druckluftquelle und in der Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet und wobei das zweite Wegeventil dem zweiten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der Ruhestellung mit einer Druckluftquelle und in der Schaltstellung mit einem Druckluftausgang verbindet. In dieser Ausführung ist aufgrund der geänderten Kanalführung unter Beibehaltung der gewünschten Sicherheitsmerkmale die Anordnung eines Rückschlagventils oder einer dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils vorgeordneten Drosseleinrichtung entbehrlich. Aufgrund der redundanten Anordnung müssen sowohl die mit dem externen Steueranschluss ausgebildete Vorstufe des ersten Wegeventils, als auch die Vorstufe des zweiten Wegeventils schalten, um an den beiden Arbeitsanschlüssen eine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) herbeiführen zu können. Im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen keine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil die Vorstufe des ersten Wegeventils ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe führen, was jedoch lediglich zur zusätzlichen Entlüftung auch des zweiten Arbeitsanschlusses führt. Der erste Arbeitsanschluss bleibt in diesem Fall über das in seiner Ruhestellung verbleibende erste

Wegeventil entlüftet. Ein mit den beiden Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verharrt in seiner Position. Auch im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen keine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil an seiner Vorstufe kein Steuerdruck anliegt, da das zweite Wegeventil ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der erste Arbeitsanschluss bleibt über das erste Wegeventil entlüftet, der zweite über das zweite Wegeventil beaufschlagt. Ein mit den beiden Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verharrt in seiner Position. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung auch in dieser Ausführung den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung einer der beiden Vorstufen der beiden Wegeventile im Betrieb jeweils sicher erkannt wird. Ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb würde in diesen Fehlerfällen bei der Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung müssen stets beide Wegeventile zurückschalten, damit am angeschlossenen Zylinder eine erneute Zustandsänderung (umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung der Arbeitsanschlüsse) eintreten kann. Kehrt nach der vorherigen Einnahme der Schaltstellung nur das erste Wegeventil ohne elektrisches Eingangssignal die Ruhestellung zurück (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils), tritt am angeschlossenen Zylinder keine erneute Zustandsänderung ein, weil der zweite Arbeitsanschluss weiterhin über das zweite Wegeventil entlüftet ist. Auch der erste Arbeitsanschluss ist in diesem Fall über das in seine Ruhestellung zurückgekehrte erste Wegeventil entlüftet. Ein mit den beiden Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verharrt in seiner zuletzt eingenommenen Position. Im umgekehrten Fall (= Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils), kehren weder das erste, noch das zweite Wegeventil in ihre Ruhestellung zurück, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe des ersten Wegeventils kann nicht zurückschalten, solange das zweite Wegeventil nicht zurückgeschaltet hat, weil über den externen Steueranschluss weiterhin ein der Rückbewegung seiner Hauptstufe entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe des zweiten Wegeventils kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe des ersten Wegeventils nicht zurückgeschaltet hat, weil die extern über das erste Wegeventil nur in dessen Ruhestellung beaufschlagte Luftfeder keinen Druck aufbaut. Der erste Arbeitsanschluss bleibt über das erste Wegeventil beaufschlagt und der zweite Arbeitsanschluss über das zweite Wegeventil entlüftet. Da an den Arbeitsanschlüssen mithin keine erneute Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) eintritt, kann ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb nicht zurückfahren und der Fehler wird erkannt.

**[0016]** In einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung der vorstehenden Ausführungen ist das erste Wegeventil als 5/2-Wegeventil ausgestaltet.

**[0017]** In einer alternativen Ausführung zur Ermöglichung einer beidseitigen Entlüftung der beiden Arbeitsanschlüsse ist das erste Wegeventil als beidseitig elektropneumatisch vorgesteuertes 5/3-Wegeventil mit einer beidseitig selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgestaltet und zur Einnahme einer entlüfteten Mittelstellung als Ruhestellung, sowie einer ersten und einer zweiten Schaltstellung ausgebildet, wobei die Einnahme der ersten Schaltstellung bei der Betätigung und Beaufschlagung der mit dem externen Steueranschluss ausgebildeten Vorstufe erfolgt, und wobei das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung mit einer Druckluftquelle und in einer Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet und seine Luftfeder über das erste Wegeventil in dessen zweiter Schaltstellung beaufschlagt und in dessen erster Schaltstellung und Ruhestellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil dem ersten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der ersten Schaltstellung mit einer Druckluftquelle und in der zweiten Schaltstellung und der Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet und wobei das zweite Wegeventil dem zweiten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der Ruhestellung mit einer Druckluftquelle und in der Schaltstellung mit einem Druckluftausgang verbindet. In dieser Ausführung ist aufgrund der geänderten Kanalführung unter Beibehaltung der gewünschten Sicherheitsmerkmale die Anordnung eines Rückschlagventils oder einer dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils vorgeordneten Drosseleinrichtung entbehrlich. Aufgrund der redundanten Anordnung müssen sowohl die mit dem externen Steueranschluss ausgebildete Vorstufe des ersten Wegeventils, als auch die Vorstufe des zweiten Wegeventils schalten, um an den beiden Arbeitsanschlüssen eine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) herbeiführen zu können. Im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen keine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil die Vorstufe des ersten Wegeventils ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der Fehler in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des zweiten Wegeventils kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe führen, was jedoch lediglich zur zusätzlichen Entlüftung auch des zweiten Arbeitsanschlusses führt. Der erste Arbeitsanschluss bleibt in diesem Fall über das in seiner Ruhestellung verbleibende erste Wegeventil entlüftet. Ein mit den beiden Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verharrt in seiner Position. Auch im Falle eines Fehlers in der Rückstelleinrichtung der Vorstufe des ersten Wegeventils tritt in Ausgangsstellung an den beiden Arbeitsanschlüssen keine Zustandsänderung (gegensinnige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil an seiner Vorstufe kein Steuerdruck anliegt, da das zweite Wegeventil ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der erste Arbeitsanschluss bleibt über das erste Wegeventil entlüftet, der zweite über das zweite Wegeventil beaufschlagt. Ein mit den beiden Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb verharrt in seiner Position. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung auch in dieser Ausführung den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung einer

der beiden Vorstufen der beiden Wegeventile im Betrieb sicher erkannt wird. Ein mit den Arbeitsanschlüssen verbundener pneumatischer Antrieb würde in diesen Fehlerfällen bei der Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung müssen stets beide Wegeventile ihren zuvor eingenommenen Schaltzustand auch wieder ändern, damit an einem angeschlossenen pneumatischen Antrieb eine erneute Zustandsänderung (umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung der Arbeitsanschlüsse) erfolgen und der Antrieb wieder zurückfahren kann. Die erneute umgekehrte gegensinnige Beaufschlagung/Entlüftung der Arbeitsanschlüsse nach einer zuvor mit der Einnahme der ersten Schaltstellung durch das erste Wegeventil und der Schaltstellung durch das zweite Wegeventil erfolgten gegensinnigen Beaufschlagung und Entlüftung erfolgt erst mit der gemeinsamen Einnahme des zweiten Schaltzustands durch das erste Wegeventil und das Zurückschalten des zweiten Wegeventils.

**[0018]** In einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung der vorstehenden Ausführungen ist das zweite Wegeventil als 5/2-Wegeventil ausgestaltet und als Rückstelleinrichtung für die Hauptstufe mit einer extern über das erste Wegeventil beaufschlagbaren und entlüftbaren Luftfeder ausgebildet, sofern keine Ausgestaltung als 3/2- oder 4/2-Wegeventil vorgesehen ist.

**[0019]** Zur Erhöhung der Vibrations- und Betriebsstabilität ist die Rückstelleinrichtung der Hauptstufe des ersten Wegeventils parallel mit einer mechanischen Feder und einer Luftfeder ausgebildet, wobei die Luftfeder extern über das zweite Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und dessen Schaltstellung entlüftet ist, sofern das erste Wegeventil als Wegeventil zur Einnahme von zwei Schaltzuständen (einer Ruhestellung und einer Schaltstellung) ausgebildet ist. Das zweite Wegeventil ist hierbei als 5/2-Wegeventil ausgestaltet.

**[0020]** Sofern bei einer der vorstehenden Ausführungen der Ventilanordnung das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgebildet und als 5/2-Wegeventil ausgestaltet ist, und den beiden Arbeitsanschlüssen vorgeordnet ist und in der Schaltstellung den ersten Arbeitsanschluss mit einer Druckluftquelle und den zweiten Arbeitsanschluss mit einem Druckluftausgang verbindet und in der Ruhestellung den zweiten Arbeitsanschluss mit einer Druckluftquelle und den ersten Arbeitsanschluss über eine Verbindungsleitung mit der Steuerleitung verbindet, wobei dem Druckluftanschluss des zweiten Wegeventils eine Drosselinrichtung vorgeordnet ist und in der Verbindungsleitung kein Rückschlagventil angeordnet ist, wird eine zusätzliche Ventilfunktion durch ein besonderes Steuerungsverfahren erreicht, bei welchem die Vorstufen der beiden Wegeventile sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar sind. Bezogen auf die Arbeitsanschlüsse ist die Ventilanordnung hierdurch insgesamt als 5/3-Wegeventil mit einer geöffneten Mittelstellung (beide Arbeitsanschlüsse beaufschlagt) steuerbar. Die einem 5/3-Wegeventil in seiner geöffneten Mittelstellung entsprechende Steuerungsposition entspricht hierbei der Schaltstellung nur des zweiten Wegeventils (Während sich das erste Wegeventil in Ruhestellung befindet).

**[0021]** Sofern bei einer der vorstehenden Ausführungen der Ventilanordnung das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgebildet und als 5/2-Wegeventil ausgestaltet ist, und dem ersten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der Schaltstellung mit einer Druckluftquelle und in der Ruhestellung mit einem Druckluftausgang verbindet, während das zweite Wegeventil dem zweiten Arbeitsanschluss vorgeordnet ist und diesen in der Ruhestellung mit einer Druckluftquelle und in der Schaltstellung mit einem Druckluftausgang verbindet, wird eine zusätzliche Ventilfunktion durch ein besonderes Steuerungsverfahren erreicht, bei welchem die Vorstufen der beiden Wegeventile sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar sind. Bezogen auf die Arbeitsanschlüsse ist die Ventilanordnung hierdurch insgesamt als 5/3-Wegeventil mit einer entlüfteten Mittelstellung (beide Arbeitsanschlüsse entlüftet) steuerbar. Die einem 5/3-Wegeventil in seiner entlüfteten Mittelstellung entsprechende Steuerungsposition entspricht hierbei der Schaltstellung nur des zweiten Wegeventils (Während sich das erste Wegeventil in Ruhestellung befindet).

**[0022]** Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich nachstehend aus der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Fig. 1 bis 10. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

Fig. 4 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

Fig. 5 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel.

Fig. 6 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel.

Fig. 7 ein Schematisches Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel.

Fig. 8 eine tabellarische Darstellung von Schaltstellungen der Ventilanordnung gemäß Fig. 2 im Vergleich mit den Schaltstellungen eines 5/3-Wegeventils mit einer geöffneten Mittelstellung.

Fig. 9 eine tabellarische Darstellung von Schaltstellungen der Ventilanordnung gemäß Fig. 6 im Vergleich mit den Schaltstellungen eines 5/3-Wegeventils mit einer entlüfteten Mittelstellung.

Fig. 10 ein Schematisches Schaltbild einer bekannten Ventilanordnung (Stand der Technik).

**[0023]** Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Gemäß Fig. 1 umfasst die Ventilanordnung einen ersten Arbeitsanschluss 1 und einen zweiten Arbeitsanschluss 2, die mit einem als doppelt wirkender pneumatischer Arbeitszylinder 3 ausgebildeten pneumatischen Antrieb verbunden sind. Ferner umfasst die Ventilanordnung ein erstes elektropneumatisch vorgesteuertes Wegeventil, das als vorgesteuertes 5/2-Wegeventil 4 ausgebildet ist und als Rückstelleinrichtung eine mechanische Feder 5 aufweist, welche die durch sie federbelastete Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 im unbestromten Zustand selbsttätig in eine Ruhestellung zurückschaltet.

**[0024]** Als Vorsteuereinrichtung ist das 5/2-Wegeventil 4 mit einem elektromagnetisch betätigten, selbsttätig rückstellenden Vorsteuerventil 7 ausgebildet, welches die Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 bei Betätigung und Anliegen eines Steuerdrucks am Steueranschluss 8 von der Ruhestellung in eine Schaltstellung schaltet. Das 5/2-Wegeventil 4 ist den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 vorgeordnet und verbindet in Ruhestellung den Arbeitsanschluss 1 mit der Verbindungsleitung 9 und den Arbeitsanschluss 2 mit der Druckluftquelle 10. In Schaltstellung verbindet das 5/2-Wegeventil 4 den Arbeitsanschluss 1 mit der Druckluftquelle 10 und den Arbeitsanschluss 2 mit dem Druckluftausgang 11.

**[0025]** Dem Steueranschluss 8 ist ein zweites elektropneumatisch vorgesteuertes Wegeventil, das ebenfalls als vorgesteuertes 5/2-Wegeventil 12 ausgebildet ist, vorgeordnet. Als Vorsteuereinrichtung ist das 5/2-Wegeventil 12 ebenfalls mit einem elektromagnetisch betätigten, selbsttätig rückstellenden Vorsteuerventil 13 ausgebildet, welches die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 bei Betätigung und Anliegen eines Steuerdrucks von der Ruhestellung in eine Schaltstellung schaltet, wobei das Vorsteuerventil 13 den erforderlichen Steuerdruck zur Betätigung des Stellglieds der Hauptstufe 14 intern über den Druckluftanschluss 15 bezieht. Das 5/2-Wegeventil 12 verbindet die Steuerleitung 16 und den Steueranschluss 8 in Schaltstellung mit der Druckluftquelle 10 und in Ruhestellung mit dem Druckluftausgang 17, wobei das in der Verbindungsleitung 9 angeordnete Rückschlagventil 18 bei Beaufschlagung der Steuerleitung 16 durch das 5/2-Wegeventil 12 sperrt. In der Ruhestellung ist gleichzeitig die linke Kammer des pneumatischen Antriebs über das 5/2-Wegeventil 4, die Verbindungsleitung 9 und das 5/2-Wegeventil 12 mit dem Druckluftausgang 17 verbunden und daher entlüftet, da das Rückschlagventil 18 lediglich in Gegenrichtung sperrt. Als Rückstelleinrichtung weist das 5/2-Wegeventil 12 eine Luftfeder 19 auf, welche die durch sie federbelastete Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 im unbestromten Zustand in eine Ruhestellung zurückschaltet, wenn an der Luftfeder 19 ein Steuerdruck anliegt. Hierzu ist die Luftfeder 19 extern über das 5/2-Wegeventil 4 in dessen Ruhestellung über die parallel zum Arbeitsanschluss 2 angeordnete Zuleitung 20 beaufschlagt. Mit der Ventilanordnung ist aufgrund der redundanten Anordnung der beiden 5/2-Wegeventile 4 und 12 zunächst der grundlegende Fehlerausschluss sichergestellt, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung eines der beiden Vorsteuerventile 7 oder 13 (bspw. ein Federbruch) nicht zu einer unbeabsichtigten Bewegung eines an die Arbeitsanschlüsse 1 und 2 angeschlossenen pneumatischen Antriebs führt. Es müssen stets beide 5/2-Wegeventile 4 und 12 gemeinsam schalten, um an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine Zustandsänderung (gegensinnige der Beaufschlagung/Entlüftung) herbeiführen zu können. Ein Federbruch im Vorsteuerventil 13 in unbestromter Ruhestellung kann zwar zum Schalten der Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 führen, was die Bereitstellung eines Steuerdrucks am Vorsteuerventil 7 zur Folge hätte. Da dieses jedoch mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet, ändert das 5/2-Wegeventil 4 nicht seinen Schaltzustand. Gleichzeitig verhindert in diesem Fehlerfall das Rückschlagventil 18 eine Beaufschlagung der linken Kammer des pneumatischen Arbeitszylinders 3 über die Steuerleitung 16 und das in Ruhestellung befindliche 5/2-Wegeventil 4. Umgekehrt kann auch ein Federbruch im Vorsteuerventil 7 im unbestromten Zustand nicht zum Schalten des 5/2-Wegeventils 4 führen, weil am Vorsteuerventil 7 kein Steuerdruck anliegt, da das 5/2-Wegeventil 12 mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung jedoch den weiteren Vorteil, dass ein Fehler, wie bspw. ein Federbruch, in einem der beiden Vorsteuerventile 7 oder 13 im Betrieb sicher erkannt wird. In diesen beiden Fällen schalten die beiden 5/2-Wegeventile 4 und 12 beim Anliegen elektrischer Steuersignale zunächst normal, weil die elektromagnetisch gesteuerten Vorsteuerventile 7 und 13 ihre Lage auch ohne Gegenkraft durch eine mechanische Feder ändern. Das 5/2-Wegeventil 4 verbindet in

der Schaltstellung den Arbeitsanschluss 1 mit der Druckluftquelle 10 und den Arbeitsanschluss 2 mit dem Druckluftausgang 11, der pneumatische Arbeitszylinder 3 fährt aus. Allerdings fährt der pneumatische Arbeitszylinder 3 im Falle eines Federbruchs in einem der beiden Vorsteuerventile 7 oder 13 bei der Wegnahme der Steuersignale nicht wieder ein. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung der beiden 5/2-Wegeventile 4 und 12 müssen auch stets beide Vorsteuerventile 7 und 13 zurückschalten, damit an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine erneute Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintreten kann. Schaltet nur das 5/2-Wegeventil 4 (= Federbruch im Vorsteuerventil 13) zurück, kann der pneumatische Arbeitszylinder 3 nicht einfahren, weil das Rückschlagventil 18 über das 5/2-Wegeventil 12 und die Steuerleitung 16 noch beaufschlagt ist und die linke Kammer des pneumatischen Arbeitszylinders 3 nicht entlüftet wird. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann trotz Beaufschlagung der Luftfeder 19 nicht zurückschalten, weil über das defekte Vorsteuerventil 13, das den Steuerdruck intern über den Druckluftanschluss 15 bezieht, weiterhin ein der Hauptstufe 14 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Im umgekehrten Fall (= Federbruch im Vorsteuerventil 7) schalten weder das 5/2-Wegeventil 4, noch das 5/2-Wegeventil 12, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 kann nicht zurückschalten, solange das 5/2-Wegeventil 12 nicht zurückgeschaltet hat, weil über das defekte Vorsteuerventil 7 weiterhin ein der federbelasteten Hauptstufe 6 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 nicht zurückgeschaltet hat, weil die Luftfeder 19 keinen Druck aufbaut. Da an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine erneute Zustandsänderung eintritt, bleibt der Arbeitszylinder 3 ausgefahren und der Fehler wird erkannt.

**[0026]** Fig. 2 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Bei der ansonsten mit der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 identischen Ventilanordnung ist im Unterschied zur Ventilanordnung gemäß Fig. 1 kein Rückschlagventil in der Verbindungsleitung 9 angeordnet. Stattdessen ist dem Druckluftanschluss 15 in der Ventilanordnung gemäß Fig. 2 eine Drosseleinrichtung vorgeordnet, die in der Versorgungsleitung 21 zum Druckluftanschluss 15 des 5/2-Wegeventils 12-als konstante Querschnittsverengung 22 ausgebildet ist. Ferner kann die Drosseleinrichtung anstatt als konstante Querschnittsverengung 22 auch als eine veränderbare Querschnittsverengung ausgebildet sein, beispielsweise als ein Drosselventil. Die Ausführung als konstante Querschnittsverengung 22 bietet eine hohe Ausfallsicherheit, da sie keine beweglichen Teile enthält, sondern lediglich eine Verengung des jeweiligen Leitungsquerschnitts ist, die entweder bei der Ausformung der Leitung oder als nachträglich eingesetzte, den Querschnitt verengende Blende ausgeführt sein kann. Ist die Ventilanordnung als modulare Baueinheit mit einer gemeinsamen Grundplatte für die Leitungen (Luftkanäle und elektrische Leiter) und Anschlüsse und auf die Grundplatte aufgesetzten Ventilmodulen oder Ventilkörpern ausgebildet, wie dies beispielsweise aus dem durch die EP 0 463 394 B1 oder die DE 39 27 637 C1 offenbarten Stand der Technik hervorgeht, kann die Querschnittsverengung 22 ferner in einer konstruktiv einfachen Weise als ein Abschnitt mit einem geringeren Durchmesser im Verlauf der entsprechenden Kanalbohrung oder -öffnung in der Grundplatte ausgeführt sein. In Schaltstellung beaufschlagt das 5/2-Wegeventil 12 - wie auch in der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 - den Steueranschluss 8 des 5/2-Wegeventils 12, indem es die Steuerleitung 16 mit der Druckluftquelle 10 verbindet. Ein Federbruch im Vorsteuerventil 13 in unbestromter Ruhestellung kann auch in dieser Ausführung der Ventilanordnung (gemäß Fig. 2) zum Schalten der Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 führen, was die Bereitstellung eines Steuerdrucks am Vorsteuerventil 7 zur Folge hätte. Da dieses jedoch mangels eines elektrischen Steuersignals nicht schaltet, ändert das 5/2-Wegeventil 4 nicht seinen Schaltzustand. Da in der Ausführung gemäß Fig. 2 jedoch kein Rückschlagventil in der Verbindungsleitung 9 angeordnet ist, führt dies in unbestromter Ruhestellung gleichzeitig zu einer Beaufschlagung des Ventilanschlusses 23 des 5/2-Wegeventils 4 (das nicht schaltet) und hierdurch zu einer Beaufschlagung der linken Kammer des Arbeitszylinders 3 über die Steuerleitung 16 und die Verbindungsleitung 9. Die gleiche Situation bestünde bei der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 im Falle eines gleichzeitigen Federbruchs im Vorsteuerventil 13 und einem Fehler (Ausfall) des Rückschlagventils 18. Da in diesem Zustand gleichzeitig die rechte Kammer des pneumatischen Antriebs 3 über das 5/2-Wegeventil 4 von der Druckluftquelle 10 beaufschlagt ist, besteht in diesem Fehlerfall grundsätzlich ein dem unbeabsichtigten Ausfahren des pneumatischen Antriebs 3 entgegenwirkender Gegendruck. Wird mit der Ventilanordnung ein kolbenstangenloser pneumatischer Antrieb gesteuert, ist dieser im Falle der gleichzeitigen Beaufschlagung beider Kammern druckausgeglichen und bewegt sich nicht. Wird jedoch - entsprechend der Ausführungsbeispiele gemäß der Fig. 1 und 2 - mit der Ventilanordnung ein Kolbenstangenzyylinder (mit einer am Kolben einseitig ausgebildeten Kolbenstange) angetrieben, wirken aufgrund unterschiedlicher Beaufschlagungsflächen beidseits des Kolbens bei gleichem Druck jeweils unterschiedliche Kraftmomente, da diese jeweils durch den auf die vorhandene Fläche

wirkenden Druck  $(p = \frac{F}{A})$  bestimmt und definiert sind. Die von der Kolbenstange eingenommene Kolbenfläche bewirkt eine Kraftdifferenz. Diese Kraftdifferenz kann abhängig vom Durchmesser der Kolbenstange in der Praxis bei ISO-Zylindern etwa 10% der Maximalkraft des Zylinders betragen:

ISO-Zylinder bei 5bar Betriebsdruck beidseitig belüftet, ohne Reibung	
D [mm]	Differenzkraft [N]
Ø32	57
Ø40	101
Ø50	157
Ø63	157
Ø80	245
Ø100	245
Ø125	402

**[0027]** Indem dem Druckluftanschluss 15 des 5/2-Wegeventils 12 die Querschnittsverengung 22 vorgeordnet ist, ist in einem solchen Fehlerfall gewährleistet, dass die Kolbenstange nicht nur mit einer (gegenüber dem Normalbetrieb) verringerten Kraft (entsprechend der anliegenden Kraftdifferenz), sondern zusätzlich auch einer verringerten Geschwindigkeit ausfährt. Wenn das Ausfahren des Arbeitszylinders 3 in diesem Fehlerfall auch nicht vollständig unterbunden wird, ist jedoch die Ausführung einer gefährlichen - plötzlichen - Bewegung verhindert, was den insoweit bestehenden praktischen Vorgaben für die Betriebssicherheit solcher pneumatischer Antriebe im Regelfall genügt.

**[0028]** Fig. 3 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Bei der ansonsten mit der Ventilanordnung gemäß der Fig. 1 identischen Ventilanordnung ist dem Druckluftanschluss 15 des 5/2-Wegeventils 12 in der Ventilanordnung gemäß Fig. 3 zusätzlich eine Drosseleinrichtung vorgeordnet, die als eine in der Versorgungsleitung 21 zum Druckluftanschluss 15 des 5/2-Wegeventils 12 angeordnete konstante Querschnittsverengung 22 ausgebildet ist. Diese Ausführung der erfindungsgemäßen Ventilanordnung bietet mithin einen kombinierten Schutz vor verschiedenen, im Zusammenhang einem Federbruch im Vorsteuerventil 13 sowie zusätzlich einem gleichzeitigen Ausfall des Rückschlagventils 18 denkbaren Fehlerfällen. Im Falle eines Federbruchs nur im Vorsteuerventil 13 verhindert das Rückschlagventil 18 eine Beaufschlagung der linken Kammer des pneumatischen Arbeitszylinders 3 über die Steuerleitung 16 und das in Ruhestellung befindliche 5/2-Wegeventil 4. Im Falle eines gleichzeitigen Fehlers (Ausfall) des Rückschlagventils 18 ist bei der Ansteuerung eines Kolbenstangenzyklinders (mit einer am Kolben einseitig ausgebildeten Kolbenstange) gewährleistet, dass die Kolbenstange lediglich mit einer verringerten Geschwindigkeit ausfährt, weil dem Druckluftanschluss 15 des 5/2-Wegeventils 12 die Querschnittsverengung 22 vorgeordnet ist.

**[0029]** Fig. 4 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Bei der ansonsten mit der Ventilanordnung gemäß der Fig. 1 identischen Ventilanordnung ist im Unterschied zur Ventilanordnung gemäß Fig. 1 zum einen die Rückstelleinrichtung des 5/2-Wegeventils 4 nicht als mechanische Feder, sondern als Luftfeder 24 ausgebildet, die extern konstant durch die Druckmittelquelle 10 beaufschlagt ist. In dieser Ausführung ist zusätzlich das Risiko eines Federbruchs in der Rückstelleinrichtung der Hauptstufe 6 ausgeschlossen. Zum anderen bezieht das Vorsteuerventil 13 den zur Betätigung des Stellglieds der Hauptstufe 14 erforderlichen Steuerdruck im Unterschied zu den Ventilanordnungen gemäß der Fig. 1 bis 3 nicht intern über den Druckluftanschluss 15, sondern extern von der Druckluftquelle 10. Auf diese Weise ist der Ventilaufbau mit zwei identisch ausgeführten Ventiltypen möglich. Die externe Steuerluftversorgung des Vorsteuerventils 13 ist in diesem Fall ebenfalls nicht geschaltet, sondern konstant extern mit der Druckluftquelle 13 verbunden. Für die Funktionsweise der Ventilanordnung ist dies nicht relevant, führt jedoch zur Möglichkeit der Gleichteileverwendung (hier der Ventile 4 und 12) bei der Herstellung. Die im Sinne der Anmeldung relevante Funktionsweise der Ventilanordnung gemäß Fig. 4 ist im Übrigen mit der Funktionsweise der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 identisch.

**[0030]** Fig. 5 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der (unbetätigten) unbestromten Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Bei der ansonsten mit der Ventilanordnung gemäß der Fig. 1 identischen Ventilanordnung ist im Unterschied zur Ventilanordnung gemäß Fig. 1 die Rückstelleinrichtung des 5/2-Wegeventils 4 zusätzlich parallel zur mechanischen Feder 5 mit der Luftfeder 24 ausgebildet, die extern über das 5/2-Wegeventil 12 in dessen Ruhestellung beaufschlagt und dessen Schaltstellung über den Druckluftausgang 25 entlüftet ist. Diese Ausführung dient der Erhöhung der Vibrations- und Betriebsstabilität der Ventilanordnung, indem die auf das 5/2-Wegeventils 4 ausgeübte Rückstellkraft durch die beiden parallel ausgeführten Rückstelleinrichtungen erhöht ist. Ferner bietet diese Ausführung eine zusätzliche Sicherheit im Falle eines Bruchs der Feder 5 der Hauptstufe

6, in welchem die Rückstellung noch durch die Luftfeder 24 gewährleistet ist. Die im Sinne der Anmeldung relevante Funktionsweise der Ventilanordnung gemäß Fig. 5 ist im Übrigen mit der Funktionsweise der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 identisch.

**[0031]** Fig. 6 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Die Ventilanordnung besitzt bei ansonsten identischem Aufbau eine gegenüber der Ventilanordnung gemäß Fig. 1 geänderte Kanalführung. Das erste elektropneumatisch vorgesteuerte 5/2-Wegeventil 4 ist dem ersten Arbeitsanschluss 1 vorgeordnet und verbindet diesen in Ruhestellung mit dem Druckluftausgang 26 und in Schaltstellung mit der Druckluftquelle 10. Das zweite elektropneumatisch vorgesteuerte 5/2-Wegeventil 12 ist dem zweiten Arbeitsanschluss 2 vorgeordnet und verbindet diesen über die Versorgungsleitung 27 in Ruhestellung mit der Druckluftquelle 10 und in Schaltstellung mit dem Druckluftausgang 25. Die Luftfeder 19 ist extern über das 5/2-Wegeventil 4 in dessen Ruhestellung über die Zuleitung 28 beaufschlagt. In dieser Ausführung ist aufgrund der geänderten Kanalführung unter Beibehaltung der gewünschten Sicherheitsmerkmale sowohl die Anordnung eines Rückschlagventils in der Verbindungsleitung 9, als auch einer dem Druckluftanschluss 15 des zweiten 5/2-Wegeventils 12 vorgeordneten Drosseleinrichtung entbehrlich. Aufgrund der redundanten Anordnung müssen sowohl das mit dem externen Steueranschluss 8 ausgebildete Vorsteuerventil 7 des ersten 5/2-Wegeventils 4, als auch das Vorsteuerventil 13 des zweiten 5/2-Wegeventils 12 schalten, damit an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintritt. Ein Fehler in der Rückstelleinrichtung eines der beiden Vorsteuerventile 7 oder 13 (bspw. ein Federbruch) kann nicht zu einer unbeabsichtigten Bewegung eines an die Arbeitsanschlüsse 1 und 2 angeschlossen pneumatischen Antriebs führen. Im Falle eines Federbruchs im Vorsteuerventil 13 tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil das Vorsteuerventil 7 ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Ein Federbruch im Vorsteuerventil 13 kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe 14 führen, was jedoch lediglich zur zusätzlichen Entlüftung auch des zweiten Arbeitsanschlusses 2 über den Druckluftausgang 25 führt. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt in diesem Fall über das in seiner Ruhestellung verbleibende erste 5/2-Wegeventil 4 entlüftet. Der mit den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundene Arbeitszylinder 3 verharrt in seiner Position. Auch im Falle eines Federbruchs im Vorsteuerventil 7 tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil am Vorsteuerventil 7 kein Steuerdruck anliegt, da das zweite 5/2-Wegeventil 12 ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt über das in seiner Ruhestellung verbleibende erste 5/2-Wegeventil 4 entlüftet, der zweite Arbeitsanschluss 2 über das zweite 5/2-Wegeventil 12 beaufschlagt. Der mit den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundene Arbeitszylinder 3 verharrt in seiner Position. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung auch in dieser Ausführung den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in der Rückstelleinrichtung eines der beiden Vorsteuerventile 7 oder 13 (bspw. ein Federbruch) im Betrieb jeweils sicher erkannt wird. Ein mit den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundener pneumatischer Antrieb würde in diesen Fehlerfällen bei der Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung der beiden 5/2-Wegeventile 4 und 12 müssen auch stets beide Vorsteuerventile 7 und 13 zurückschalten, damit an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine erneute Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintreten kann. Schaltet nur das 5/2-Wegeventil 4 nach der vorherigen Einnahme der Schaltstellung bei der Wegnahme des elektrischen Eingangssignals wieder in seine Ruhestellung zurück (= Federbruch im Vorsteuerventil 13), kann der pneumatische Arbeitszylinder 3 nicht einfahren, weil der zweite Arbeitsanschluss 2 weiterhin über das zweite 5/2-Wegeventil 12 und den Druckluftausgang 25 entlüftet ist. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann trotz Beaufschlagung der Luftfeder 19 nicht zurückschalten, weil über das defekte Vorsteuerventil 13, das den Steuerdruck intern über den Druckluftanschluss 15 bezieht, weiterhin ein der Hauptstufe 14 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Auch der erste Arbeitsanschluss 1 ist in diesem Fall über das in seine Ruhestellung zurückgekehrte 5/2-Wegeventil 4 entlüftet. Der pneumatische Arbeitszylinder 3 bleibt ausgefahren. Im umgekehrten Fall (= Federbruch im Vorsteuerventil 7) schalten weder das 5/2-Wegeventil 4, noch das 5/2-Wegeventil 12, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 kann nicht zurückschalten, solange das 5/2-Wegeventil 12 nicht zurückgeschaltet hat, weil über das defekte Vorsteuerventil 7 weiterhin ein der federbelasteten Hauptstufe 6 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 nicht zurückgeschaltet hat, weil die Luftfeder 19 keinen Druck aufbaut. Da an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine erneute Zustandsänderung eintritt, bleibt der pneumatische Arbeitszylinder 3 ausgefahren und der Fehler wird erkannt. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt über das erste 5/2-Wegeventil 4 beaufschlagt und der zweite Arbeitsanschluss über das zweite 5/2-Wegeventil 12 entlüftet. Da an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 mithin keine erneute Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintritt, kann der pneumatische Arbeitszylinder 3 nicht zurückfahren und der Fehler wird erkannt. Auch in dieser Ausführung kann die Rückstelleinrichtung der Hauptstufe 6 des 5/2-Wegeventils 4 zusätzlich parallel zur mechanischen Feder 5 mit einer Luftfeder entsprechend der Ausführung gemäß Fig. 5 ausgebildet werden. Diese Luftfeder wird hierzu über eine Abzweigung mit der Versorgungsleitung 27 verbunden und ebenfalls extern über das 5/2-Wegeventil 12 in dessen Ruhestellung beaufschlagt und dessen Schaltstellung über den Druckluftausgang 25 entlüftet.

**[0032]** Fig. 7 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilanordnung in der unbetätigten (unbestromten) Ausgangsstellung mit sämtlichen Ventilen in ihrer Ruhestellung. Bei der ansonsten mit der Ventilanordnung gemäß Fig. 6 identischen Ventilanordnung ist im Unterschied zur Ventilanordnung gemäß Fig. 6 das erste elektropneumatisch vorgesteuerte Ventil als beidseitig elektropneumatisch vorgesteuertes 5/3-Wegeventil 29 mit einer beidseitig selbsttätig rückstellenden Hauptstufe ausgestaltet und zur Einnahme einer entlüfteten Mittelstellung als Ruhestellung, sowie einer ersten und einer zweiten Schaltstellung ausgebildet, wobei die Einnahme der ersten Schaltstellung bei der Betätigung und Beaufschlagung des mit dem externen Steueranschluss 8' ausgebildeten Vorsteuerventils 7' erfolgt. Das 5/3-Wegeventil 29 ist dem ersten Arbeitsanschluss 1 vorgeordnet und verbindet diesen in der ersten Schaltstellung (Schalten des Vorsteuerventils 7') mit der Druckluftquelle 10 und in der zweiten Schaltstellung (Schalten des Vorsteuerventils 30) und der Ruhestellung mit dem Druckluftausgang 26. Das elektropneumatisch vorgesteuerte 5/2-Wegeventil 12 ist dem zweiten Arbeitsanschluss 2 vorgeordnet und verbindet diesen über die Versorgungsleitung 27 in Ruhestellung mit der Druckluftquelle 10 und in Schaltstellung mit dem Druckluftausgang 25. Die Luftfeder 19 des 5/2-Wegeventils 12 ist extern über das 5/3-Wegeventil 29 in dessen zweiter Schaltstellung (Schalten des Vorsteuerventils 30) über die Zuleitung 28 beaufschlagt und in dessen erster Schaltstellung (Schalten des Vorsteuerventils 7') und Ruhestellung entlüftet. In dieser Ausführung ist - wie auch bei der Ausführung gem. Fig. 6 - aufgrund der geänderten Kanalführung unter Beibehaltung der gewünschten Sicherheitsmerkmale sowohl die Anordnung eines Rückschlagventils in der Verbindungsleitung 9, als auch einer dem Druckluftanschluss 15 des zweiten 5/2-Wegeventils 12 vorgeordneten Drosseleinrichtung entbehrlich. Aufgrund der redundanten Anordnung müssen sowohl das mit dem externen Steueranschluss 8' ausgebildete Vorsteuerventil 7' des 5/3-Wegeventils 29, als auch das Vorsteuerventil 13 des zweiten 5/2-Wegeventils 12 schalten, damit an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintritt. Ein Fehler in der Rückstellereinrichtung eines der beiden Vorsteuerventile 7' oder 13 (bspw. ein Federbruch) kann in der Ausgangsstellung nicht zu einer unbeabsichtigten Bewegung eines an die Arbeitsanschlüsse 1 und 2 angeschlossenen pneumatischen Antriebs führen. Im Falle eines Federbruchs im Vorsteuerventil 13 tritt an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil das Vorsteuerventil 7' ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Ein Federbruch im Vorsteuerventil 13 kann zwar zum Schalten seiner Hauptstufe 14 führen, was jedoch lediglich zur zusätzlichen Entlüftung auch des zweiten Arbeitsanschlusses 2 über den Druckluftausgang 25 führt. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt in diesem Fall über das in seiner Ruhestellung verbleibende 5/3-Wegeventil 29 entlüftet. Der mit den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundene Arbeitszylinder 3 verharrt in seiner Position. Auch im Falle eines Federbruchs im Vorsteuerventil 7' tritt in Ausgangsstellung an den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) ein, weil am Vorsteuerventil 7' kein Steuerdruck anliegt, da das zweite 5/2-Wegeventil 12 ohne elektrisches Steuersignal nicht schaltet. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt über das in seiner Ruhestellung verbleibende 5/3-Wegeventil 29 entlüftet, der zweite Arbeitsanschluss 2 über das zweite 5/2-Wegeventil 12 beaufschlagt. Der mit den beiden Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundene Arbeitszylinder 3 verharrt in seiner Position. Darüber hinaus besitzt die Ventilanordnung auch in dieser Ausführung den weiteren Vorteil, dass ein Fehler in der Rückstellereinrichtung eines der beiden Vorsteuerventile 7' oder 13 (bspw. ein Federbruch) im Betrieb jeweils sicher erkannt wird. Ein mit den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 verbundener pneumatischer Antrieb würde in diesen Fehlerfällen bei der Wegnahme der elektrischen Steuersignale nicht wieder zurückfahren. Denn aufgrund der kreuzweisen Verschaltung der beiden Wegeventile 29 und 12 müssen auch stets beide Vorsteuerventile 7' und 13 ihren zuvor eingenommenen Schaltzustand auch wieder ändern, damit an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 eine erneute Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintreten und der Antrieb wieder zurückfahren kann. Schaltet nur das 5/3-Wegeventil 29 nach der vorherigen Einnahme der Schaltstellung bei der Wegnahme des elektrischen Eingangssignals wieder in seine Ruhestellung (die entlüftete Mittelstellung) zurück (= Federbruch im Vorsteuerventil 13), kann der pneumatische Arbeitszylinder 3 nicht einfahren, weil der zweite Arbeitsanschluss 2 weiterhin über das zweite 5/2-Wegeventil 12 und den Druckluftausgang 25 entlüftet ist. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann trotz Beaufschlagung der Luftfeder 19 nicht zurückschalten, weil über das defekte Vorsteuerventil 13, das den Steuerdruck intern über den Druckluftanschluss 15 bezieht, weiterhin ein der Hauptstufe 14 entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Auch der erste Arbeitsanschluss 1 ist in diesem Fall über das in seine Ruhestellung (die entlüftete Mittelstellung) zurückgekehrte 5/3-Wegeventil 29 entlüftet. Der pneumatische Arbeitszylinder 3 bleibt ausgefahren. Im umgekehrten Fall (= Federbruch im Vorsteuerventil 7') schalten weder das 5/3-Wegeventil 29, noch das 5/2-Wegeventil 12, weil sie sich gegenseitig blockieren. Die Hauptstufe 6' des 5/3-Wegeventils 29 kann nicht zurückschalten, solange das 5/2-Wegeventil 12 nicht zurückgeschaltet hat, weil über das defekte Vorsteuerventil 7' weiterhin ein der federbelasteten Hauptstufe 6' entgegenwirkender Steuerdruck anliegt. Die Hauptstufe 14 des 5/2-Wegeventils 12 kann wiederum nicht zurückschalten, solange die Hauptstufe 6' des 5/3-Wegeventils 29 nicht in ihre zweite Schaltstellung (Schalten des Vorsteuerventils 30) schaltet, weil die Luftfeder 19 keinen Druck aufbaut. Da an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 keine erneute Zustandsänderung eintritt, bleibt der pneumatische Arbeitszylinder 3 ausgefahren und der Fehler wird erkannt. Der erste Arbeitsanschluss 1 bleibt über das erste 5/3-Wegeventil 29 beaufschlagt und der zweite Arbeitsanschluss über das zweite 5/2-Wegeventil 12 entlüftet. Da an den Arbeitsanschlüssen 1 und 2 mithin keine erneute Zustandsänderung (gegenseitige Entlüftung/Beaufschlagung) eintritt, kann der pneuma-

tische Arbeitszylinder 3 nicht zurückfahren und der Fehler wird erkannt. Die Ventilanordnungen der Fig. 6 und Fig. 7 können aufgrund der identischen Kanalführung bei der Konstruktion als modulare Baueinheit mit Grundplatte und auf diese aufgesetzten Ventilmodulen oder Ventilkörpern mit einer gleichen Grundplatte hergestellt werden. Dies ermöglicht die Gleichteileverwendung der Grundplatte bei der Herstellung beider Ventilanordnungen der Fig. 6 und 7. Die unterschiedliche Ventilfunktion ergibt sich lediglich aus der unterschiedlichen Ausgestaltung des ersten Wegeventils, das durch Austauschen auf gleicher Grundplatte gewechselt werden kann.

**[0033]** Fig. 8 zeigt eine tabellarische Darstellung von Schaltstellungen der Ventilanordnung gemäß Fig. 2 im Vergleich mit den Schaltstellungen eines marktüblichen beidseitig elektropneumatisch vorgesteuerten 5/3-Wegeventils 29' mit einer geöffneten Mittelstellung (beide Arbeitsanschlüsse beaufschlagt). Indem die Vorsteuerventile 7 und 13 der Ventilanordnung gemäß Fig. 2 sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar ausgebildet sind, wird mit den hierdurch ermöglichten Steuerungspositionen eine zusätzliche Ventilfunktion erreicht. Die möglichen Steuerungspositionen sind in den Zeilen der Tabelle Fig. 8 dargestellt, wobei die Angaben der ersten Spalte die jeweiligen Schaltstellungen des Vorsteuerventils 7 bezeichnen und die Angaben der zweiten Spalte die jeweiligen Schaltstellungen des Vorsteuerventils 13 bezeichnen, beide jeweils bezogen auf die Ausführung der Ventilanordnung gem. Fig. 2. Die Angabe "An" bezeichnet jeweils die Betätigung des entsprechenden Vorsteuerventils, wodurch das von ihm pneumatisch vorgesteuerte Wegeventil seine Schaltstellung einnimmt. Die Angabe "Aus" bezeichnet jeweils die Nicht-Betätigung des entsprechenden Vorsteuerventils, wodurch das von ihm pneumatisch vorgesteuerte Wegeventil seine Ruhestellung einnimmt. Bezogen auf die Arbeitsanschlüsse 1 und 2 ist die Ventilanordnung gemäß Fig. 2 mit diesen Steuerungspositionen insgesamt entsprechend der Funktionsweise eines marktüblichen 5/3-Wegeventils 29' mit einer geöffneten Mittelstellung (beide Arbeitsanschlüsse beaufschlagt) steuerbar. Die den in Fig. 8 angegebenen Steuerungspositionen der Ventilanordnung gem. Fig. 2 jeweils entsprechenden Schaltzustände eines 5/3-Wegeventils 29' sind in der dritten Spalte dargestellt und in der vierten Spalte mit Kurzangaben bezeichnet. Die dem 5/3-Wegeventil 29' in seiner geöffneten Mittelstellung (dies ist die Ruhestellung des 5/3-Wegeventils 29', beide Vorstufen sind inaktiv) entsprechende Steuerungsposition der Ventilanordnung gem. Fig. 2 ist hierbei in der zweiten Zeile der Tabelle Fig. 8 dargestellt. Hierbei ist nur das Vorsteuerungsventil 13 betätigt, wobei das 5/2-Wegeventil 12 seine Schaltstellung einnimmt (während sich das erste 5/2-Wegeventil 4 in Ruhestellung befindet).

**[0034]** Fig. 9 zeigt eine tabellarische Darstellung von Schaltstellungen der Ventilanordnung gemäß Fig. 6 im Vergleich mit den Schaltstellungen eines marktüblichen beidseitig elektropneumatisch vorgesteuerten 5/3-Wegeventils 29" mit einer entlüfteten Mittelstellung. Indem die Vorsteuerventile 7 und 13 der Ventilanordnung gemäß Fig. 6 sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar ausgebildet sind, wird mit den hierdurch ermöglichten Steuerungspositionen eine zusätzliche Ventilfunktion erreicht. Die möglichen Steuerungspositionen sind in den Zeilen der Tabelle Fig. 9 dargestellt, wobei die Angaben der ersten Spalte die jeweiligen Schaltstellungen des Vorsteuerventils 7 bezeichnen und die Angaben der zweiten Spalte die jeweiligen Schaltstellungen des Vorsteuerungsventils 13 bezeichnen, beide jeweils bezogen auf die Ausführung der Ventilanordnung gem. Fig. 6. Die Angabe "An" bezeichnet jeweils die Betätigung des entsprechenden Vorsteuerventils, wodurch das von ihm pneumatisch vorgesteuerte Wegeventil seine Schaltstellung einnimmt. Die Angabe "Aus" bezeichnet jeweils die Nicht-Betätigung des entsprechenden Vorsteuerventils, wodurch das von ihm pneumatisch vorgesteuerte Wegeventil seine Ruhestellung einnimmt. Bezogen auf die Arbeitsanschlüsse 1 und 2 ist die Ventilanordnung gemäß Fig. 6 mit diesen Steuerungspositionen insgesamt entsprechend der Funktionsweise eines marktüblichen 5/3-Wegeventils 29" mit einer entlüfteten Mittelstellung (beide Arbeitsanschlüsse entlüftet) steuerbar. Die den in Fig. 9 angegebenen Steuerungspositionen der Ventilanordnung gem. Fig. 6 jeweils entsprechenden Schaltzustände eines 5/3-Wegeventils 29" sind in der dritten Spalte dargestellt und in der vierten Spalte mit Kurzangaben bezeichnet. Die dem 5/3-Wegeventil 29" in seiner entlüfteten Mittelstellung (dies ist die Ruhestellung des 5/3-Wegeventils 29", beide Vorstufen sind inaktiv) entsprechende Steuerungsposition der Ventilanordnung gem. Fig. 6 ist hierbei in der zweiten Zeile der Tabelle Fig. 9 dargestellt. Hierbei ist nur das Vorsteuerungsventil 13 betätigt, wobei das 5/2-Wegeventil 12 seine Schaltstellung einnimmt (während sich das erste 5/2-Wegeventil 4 in Ruhestellung befindet).

## Bezugszeichenliste

### [0035]

1	Erster Arbeitsanschluss
2	Zweiter Arbeitsanschluss
3	Arbeitszylinder
4, 12	5/2-Wegeventil
5, 5', 5"	Feder
6, 6', 14, 109, 112	Hauptstufe
7, 7', 13, 30, 108, 110	Vorsteuerventil
8, 8'	Steueranschluss

9	Verbindungsleitung
10	Druckluftquelle
11, 17, 25, 26 106, 107	Druckluftausgang
15, 105, 111	Druckluftanschluss
5 16	Steuerleitung
18	Rückschlagventil
19, 24	Luftfeder
20, 28	Zuleitung
21, 27	Versorgungsleitung
10 22	Querschnittsverengung
23	Ventilanschluss
101, 102	Ventil
103, 104, 111	Arbeitsanschluss
29, 29', 29"	5/3-Wegeventil
15	

### Patentansprüche

- 20 1. Ventilanordnung, umfassend einen ersten und einen zweiten, mit einem pneumatischen Antrieb verbindbaren Arbeitsanschluss (1; 2) und ein erstes und ein zweites, jeweils elektropneumatisch vorgesteuertes Wegeventil (4, 29; 12), bei der eines oder beide Wegeventile (4, 29; 12) den Arbeitsanschlüssen (1; 2) zu deren Beaufschlagung und Entlüftung vorgeordnet ist oder sind, wobei die Vorstufen (7; 13) beider Wegeventile (4, 29; 12) selbsttätig rückstellend ausgebildet sind und das zweite Wegeventil (12) zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung ausgebildet ist und die Vorstufe (7, 7') des ersten Wegeventils (4, 29) einen externen Steueranschluss (8; 8') aufweist, welcher über das zweite Wegeventil (12) in dessen Schaltstellung beaufschlagbar und in dessen Ruhestellung entlüftbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil (12) als Rückstelleinrichtung für eine Hauptstufe (14) eine extern über das erste Wegeventil (4, 29) beaufschlagbare und entlüftbare Luftfeder (19) aufweist und ein Zustandswechsel zwischen Beaufschlagung oder Entlüftung der Luftfeder (19) des zweiten Wegeventils (12) nach der Einnahme einer Schaltstellung durch das erste Wegeventil (4, 29) nur in Abhängigkeit von der Änderung des Schaltzustands des ersten Wegeventils (4, 29) erfolgt und ein Zustandswechsel zwischen Beaufschlagung oder Entlüftung an einem der beiden Arbeitsanschlüsse (1; 2) nach einer zuvor mit der Einnahme der Schaltstellung durch das zweite Wegeventil (12) erfolgten Beaufschlagung oder Entlüftung nur in Abhängigkeit von der Einnahme der Ruhestellung durch das zweite Wegeventil (12) erfolgt.
- 35 2. Ventilanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptstufen (6, 6'; 14) der beiden Wegeventile in Schieber- und/oder die Vorstufen der beiden Wegeventile in Sitzbauweise ausgestaltet sind.
- 40 3. Ventilanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe (6) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss (8) des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung (16) mit einer Druckluftquelle (10) und in seiner Ruhestellung mit einem Druckluftausgang (17) verbindet und seine Luftfeder (19) über das erste Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und in dessen Schaltstellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil den beiden Arbeitsanschlüssen (1; 2) vorgeordnet ist und in der Schaltstellung den ersten Arbeitsanschluss (1) mit einer Druckluftquelle (10) und den zweiten Arbeitsanschluss (2) mit einem Druckluftausgang (11) verbindet und in der Ruhestellung den zweiten Arbeitsanschluss mit einer Druckluftquelle (10) und den ersten Arbeitsanschluss (1) über eine Verbindungsleitung (9) mit der Steuerleitung (16) verbindet, wobei in der Verbindungsleitung (9) ein in Gegenrichtung sperrendes Rückschlagventil (18) angeordnet ist und/oder dem Druckluftanschluss (15) des zweiten Wegeventils eine Drosseleinrichtung vorgeordnet ist oder sind.
- 50 4. Ventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil als 3/2-Wegeventil ausgestaltet ist.
- 55 5. Ventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil als 4/2-Wegeventil ausgestaltet ist.
6. Ventilanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Wegeventil zur abwechselnden Einnahme einer Ruhe- und einer Schaltstellung mit einer selbsttätig rückstellenden Hauptstufe (6) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet,**

**net, dass** das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss (8) des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung (16) mit einer Druckluftquelle (10) und in einer Ruhestellung mit einem Druckluftausgang (17) verbindet und seine Luftfeder (19) über das erste Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und in dessen Schaltstellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil dem ersten Arbeitsanschluss (1) vorgeordnet ist und diesen in der Schaltstellung mit einer Druckluftquelle (10) und in der Ruhestellung mit einem Druckluftausgang (11) verbindet und wobei das zweite Wegeventil dem zweiten Arbeitsanschluss (2) vorgeordnet ist und diesen in der Ruhestellung mit einer Druckluftquelle (10) und in der Schaltstellung mit einem Druckluftausgang (25) verbindet.

7. Ventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Wegeventil als 5/2-Wegeventil (4) ausgestaltet ist.

8. Ventilanordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei welcher das erste Wegeventil als beidseitig elektropneumatisch vorgesteuertes 5/3-Wegeventil (29) mit einer beidseitig selbsttätig rückstellenden Hauptstufe (6') ausgestaltet und zur Einnahme einer entlüfteten Mittelstellung als Ruhestellung, sowie einer ersten und einer zweiten Schaltstellung ausgebildet ist, wobei die Einnahme der ersten Schaltstellung bei der Betätigung und Beaufschlagung der mit dem externen Steueranschluss (8') ausgebildeten Vorstufe erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil den externen Steueranschluss (8') des ersten Wegeventils in seiner Schaltstellung über eine Steuerleitung (16) mit einer Druckluftquelle (10) und in einer Ruhestellung mit einem Druckluftausgang (17) verbindet und seine Luftfeder (19) über das erste Wegeventil in dessen zweiter Schaltstellung beaufschlagt und in dessen erster Schaltstellung und Ruhestellung entlüftet ist, und wobei das erste Wegeventil dem ersten Arbeitsanschluss (1) vorgeordnet ist und diesen in der ersten Schaltstellung mit einer Druckluftquelle (10) und in der zweiten Schaltstellung und der Ruhestellung mit einem Druckluftausgang (26) verbindet und wobei das zweite Wegeventil dem zweiten Arbeitsanschluss (2) vorgeordnet ist und diesen in der Ruhestellung mit einer Druckluftquelle (10) und in der Schaltstellung mit einem Druckluftausgang (25) verbindet.

9. Ventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 6, oder 8, oder einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 6 jeweils in Verbindung mit Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wegeventil als 5/2-Wegeventil (12) ausgestaltet ist.

10. Ventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 6 oder 7 jeweils in Verbindung mit Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstelleinrichtung der Hauptstufe (6) des ersten Wegeventils parallel mit einer mechanischen Feder (5) und einer Luftfeder (24) ausgebildet ist, wobei die Luftfeder (24) extern über das zweite Wegeventil in dessen Ruhestellung beaufschlagt und dessen Schaltstellung entlüftet ist.

11. Steuerungsverfahren für eine Ventilanordnung nach den Ansprüchen 3 und 7, oder den Ansprüchen 3 und 7 in Verbindung mit jeweils einem der Ansprüche 4, 5 oder 9, oder den Ansprüchen 3 und 7 und Anspruch 10, oder den Ansprüchen 3, 7, 9 und 10, wobei dem Druckluftanschluss (15) des zweiten Wegeventils eine Drosseleinrichtung vorgeordnet ist und in der Verbindungsleitung (9) kein Rückschlagventil angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorstufen der beiden Wegeventile sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar ausgebildet sind.

12. Steuerungsverfahren für eine Ventilanordnung nach den Ansprüchen 6 und 7, oder den Ansprüchen 6, 7 und Anspruch 9, oder den Ansprüchen 6, 7, 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorstufen der beiden Wegeventile sowohl gemeinsam, als auch einzeln elektrisch schaltbar ausgebildet sind.

## Claims

1. Valve arrangement, comprising a first and a second working connection (1; 2) which can be connected to a pneumatic drive, and a first and a second directional valve (4, 29; 12) which are each electro-pneumatically pilot-controlled, in which one or both directional valves (4, 29; 12) is or are arranged upstream of the working connections (1; 2) for acting upon and venting same, the preliminary stages (7; 13) of the two directional valves (4, 29; 12) being designed to be automatically resetting and the second directional valve (12) being designed to alternately assume a rest position and a switching position, and the preliminary stage (7, 7') of the first directional valve (4, 29) having an external control connection (8; 8') which can be acted upon by means of the second directional valve (12) in the switching position thereof and can be vented by means of said valve in the rest position thereof, **characterized in that** the second directional valve (12), as a resetting device for a main stage (14), has an air spring (19) which can be acted upon and vented externally by means of the first directional valve (4, 29), and a change in state between

acting on or venting the air spring (19) of the second directional valve (12), after the first directional valve (4, 29) has assumed a switching position, only takes place depending on the change in the switching state of the first directional valve (4, 29), and a change in state between acting or venting at one of the two working connections (1; 2), after acting or venting which previously took place when the second directional valve (12) assumed the switching position, only takes place depending on the second directional valve (12) assuming the rest position.

2. Valve arrangement according to claim 1, **characterized in that** the main stages (6, 6'; 14) of the two directional valves are of a slider design and/or the preliminary stages of the two directional valves are of a seat design.
3. Valve arrangement according to either claim 1 or claim 2, the first directional valve being designed to alternately assume a rest position and a switching position with an automatically resetting main stage (6), **characterized in that** the second directional valve connects the external control connection (8) of the first directional valve, in the switching position thereof, to a compressed air source (10) via a control line (16) and, in the rest position thereof, to a compressed air outlet (17), and the air spring (19) of said second directional valve is acted upon by means of the first directional valve in the rest position thereof and is vented by means of the first directional valve in the switching position thereof, the first directional valve being arranged upstream of the two working connections (1; 2) and, in the switching position, connecting the first working connection (1) to a compressed air source (10) and the second working connection (2) to a compressed air outlet (11) and, in the rest position, connecting the second working connection to a compressed air source (10) and the first working connection (1) to the control line (16) via a connecting line (9), a check valve (18) blocking in the opposite direction being arranged in the connecting line (9) and/or a throttle device being arranged upstream of the compressed air connection (15) of the second directional valve.
4. Valve arrangement according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** the second directional valve is designed as a 3/2-way valve.
5. Valve arrangement according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** the second directional valve is designed as a 4/2-way valve.
6. Valve arrangement according to either claim 1 or claim 2, the first directional valve being designed to alternately assume a rest position and a switching position with an automatically resetting main stage (6), **characterized in that** the second directional valve connects the external control connection (8) of the first directional valve, in the switching position thereof, to a compressed air source (10) via a control line (16) and, in a rest position thereof, to a compressed air outlet (17), and the air spring (19) of said second directional valve is acted upon by means of the first directional valve in the rest position thereof and is vented by means of the first directional valve in the switching position thereof, the first directional valve being arranged upstream of the first working connection (1) and connecting said connection to a compressed air source (10) in the switching position and to a compressed air outlet (11) in the rest position, and the second directional valve being arranged upstream of the second working connection (2) and connecting said connection to a compressed air source (10) in the rest position and to a compressed air outlet (25) in the switching position.
7. Valve arrangement according to any of claims 1 to 6, **characterized in that** the first directional valve is designed as a 5/2-way valve (4).
8. Valve arrangement according to either claim 1 or claim 2, in which the first directional valve is designed as a 5/3-way valve (29) which is electro-pneumatically pilot-controlled on both sides and has an automatically resetting main stage (6') and is designed to assume a vented middle position as the rest position, as well as a first and a second switching position is formed, the first switching position being assumed when the preliminary stage, which is designed having the external control connection (8'), is actuated and acted upon, **characterized in that** the second directional valve connects the external control connection (8) of the first directional valve, in the switching position thereof, to a compressed air source (10) via a control line (16) and, in a rest position thereof, to a compressed air outlet (17), and the air spring (19) of said second directional valve is acted upon by means of the first directional valve in the second switching position thereof and is vented by means of the first directional valve in the first switching position and rest position thereof, the first directional valve being arranged upstream of the first working connection (1) and connecting said connection to a compressed air source (10) in the first switching position and to a compressed air outlet (26) in the second switching position and the rest position, and the second directional valve being arranged upstream of the second working connection (2) and connecting said connection to a compressed air source (10) in the rest position and to a compressed air outlet (25) in the switching position.

9. Valve arrangement according to any of claims 1 to 3, 6 or 8, or any of claims 1 to 3 or 6, in each case in conjunction with claim 7, **characterized in that** the second directional valve is designed as a 5/2-way valve (12).
10. Valve arrangement according to any of claims 1 to 3, 6 or 7, in each case in conjunction with claim 9, **characterized in that** the resetting device of the main stage (6) of the first directional valve is formed in parallel with a mechanical spring (5) and an air spring (24), the air spring (24) being acted upon externally by means of the second directional valve in the rest position thereof, and being vented by means of the second directional valve in the switching position thereof.
11. Control method for a valve arrangement according to claims 3 and 7, or claims 3 and 7, in each case in conjunction with one of claims 4, 5 or 9, or claims 3 and 7 and claim 10, or claims 3, 7, 9 and 10, a throttle device being arranged upstream of the compressed air connection (15) of the second directional valve, and no check valve being arranged in the connecting line (9), **characterized in that** the preliminary stages of the two directional valves are designed to be electrically switchable both together and individually.
12. Control method for a valve arrangement according to claims 6 and 7, or claims 6, 7 and claim 9, or claims 6, 7, 9 and 10, **characterized in that** the preliminary stages of the two directional valves are designed to be electrically switchable both together and individually.

## Revendications

1. Agencement de vannes, comprenant un premier et un second raccords de travail (1; 2) qui peuvent être reliés à un entraînement pneumatique et une première et une seconde vannes directionnelles à commande électropneumatique (4, 29; 12) respectives, une ou les deux vannes directionnelles (4, 29; 12) étant disposées en amont des raccords de travail (1; 2) pour leur sollicitation et leur désaération, les étages préliminaires (7; 13) des deux vannes directionnelles (4, 29; 12) étant conçus pour se réarmer automatiquement et la seconde vanne directionnelle (12) étant conçue pour alterner entre une position de repos et une position de commutation et l'étage préliminaire (7,7') de la première vanne directionnelle (4, 29) présentant un raccord de commande externe (8; 8'), lequel peut être sollicité par l'intermédiaire de la seconde vanne directionnelle (12) dans sa position de commutation et être désaéré dans sa position de repos, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle (12) présente, en tant que dispositif de retour pour un étage principal (14), un ressort pneumatique (19) qui peut être sollicité et désaéré de l'extérieur par l'intermédiaire de la première vanne directionnelle (4, 29), et un changement d'état entre la sollicitation ou la désaération du ressort pneumatique (19) de la seconde vanne directionnelle (12) après la prise d'une position de commutation par la première vanne directionnelle (4, 29) n'a lieu seulement qu'en fonction du changement de l'état de commutation de la première vanne directionnelle (4, 29), et un changement d'état entre la sollicitation ou la désaération au niveau de l'un ou des deux raccords de travail (1; 2) après une sollicitation ou une désaération qui a lieu préalablement à la prise de la position de commutation par la seconde vanne directionnelle (12) n'a lieu qu'en fonction de la prise de la position de repos par la seconde vanne directionnelle (12).
2. Agencement de vannes selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les étages principaux (6, 6'; 14) des deux vannes directionnelles sont réalisés sous forme de coulisseaux et/ou les étages préliminaires des deux vannes directionnelles sont réalisés sous forme de construction de siège.
3. Agencement de vannes selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première vanne directionnelle est conçue pour prendre de manière alternative une position de repos et une position de commutation comportant un étage principal (6) à réarmement automatique, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle relie le raccord de commande externe (8) de la première vanne directionnelle, dans sa position de commutation, à une source d'air comprimé (10) et, dans sa position de repos, à une sortie d'air comprimé (17) par l'intermédiaire d'une conduite de commande (16), et son ressort pneumatique (19) est sollicité par l'intermédiaire de la première vanne directionnelle dans sa position de repos et désaéré dans sa position de commutation, et dans lequel la première vanne directionnelle est disposée en amont des deux raccords de travail (1; 2) et, dans la position de commutation, relie le premier raccord de travail (1) à une source d'air comprimé (10) et le second raccord de travail (2) à une sortie d'air comprimé (11) et, dans la position de repos, relie le second raccord de travail à une source d'air comprimé (10) et le premier raccord de travail (1) à la conduite de commande (16) par l'intermédiaire d'une conduite de liaison (9), dans lequel une vanne anti-retour (18) à verrouillage dans le sens inverse est disposée dans la conduite de liaison (9) et/ou un dispositif d'étranglement est disposé en amont du raccord d'air comprimé (15) de la seconde vanne directionnelle.

4. Agencement de vannes selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle est réalisée en tant que vanne directionnelle à 3/2 voies.
5. Agencement de vannes selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle est réalisée en tant que vanne directionnelle à 4/2 voies.
6. Agencement de vannes selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première vanne directionnelle est conçu pour prendre de manière alternative une position de repos et une position de commutation comportant un étage principal (6) à réarmement automatique, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle relie le raccord de commande externe (8) de la première vanne directionnelle, dans sa position de commutation, à une source d'air comprimé (10) par l'intermédiaire d'une conduite de commande (16) et, dans une position de repos, à une sortie d'air comprimé (17), et son ressort pneumatique (19) est sollicité par l'intermédiaire de la première vanne directionnelle dans sa position de repos et désaéré dans sa position de commutation, et dans lequel la première vanne directionnelle est disposée en amont du premier raccord de travail (1) et le relie, dans la position de commutation, à une source d'air comprimé (10) et, dans la position de repos, à une sortie d'air comprimé (11), et dans lequel la seconde vanne directionnelle est disposée en amont du second raccord de travail (2) et le relie, dans la position de repos, à une source d'air comprimé (10) et, dans la position de commutation, à une sortie d'air comprimé (25).
7. Agencement de vannes selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la première vanne directionnelle est réalisée en tant que vanne directionnelle à 5/2 voies (4).
8. Agencement de vannes selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première vanne directionnelle est réalisée en tant que vanne directionnelle (29) à 5/3 voies à commande électropneumatique des deux côtés comportant un étage principal (6') à réarmement automatique des deux côtés et est conçue pour prendre une position médiane désaérée en tant que position de repos, ainsi qu'une première et une seconde positions de commutation, dans lequel la prise de la première position de commutation a lieu lors de l'actionnement et de la sollicitation de l'étage préliminaire conçu avec le raccord de commande externe (8'), **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle relie le raccord de commande externe (8') de la première vanne directionnelle, dans sa position de commutation, à une source d'air comprimé (10) par l'intermédiaire d'une conduite de commande (16) et, dans une position de repos, à une sortie d'air comprimé (17), et son ressort pneumatique (19) est sollicité par l'intermédiaire de la première vanne directionnelle dans sa seconde position de commutation, et est désaéré dans sa première position de commutation et position de repos, et dans lequel la première vanne directionnelle est disposée en amont du premier raccord de travail (1) et le relie, dans la première position de commutation, à une source d'air comprimé (10) et, dans la seconde position de commutation et la position de repos, à une sortie d'air comprimé (26), et dans lequel la seconde vanne directionnelle est disposée en amont du second raccord de travail (2) et le relie, dans la position de repos, à une source d'air comprimé (10) et, dans la position de commutation, à une sortie d'air comprimé (25).
9. Agencement de vannes selon l'une des revendications 1 à 3, 6 ou 8, ou l'une des revendications 1 à 3 ou 6 en combinaison avec la revendication 7, **caractérisé en ce que** la seconde vanne directionnelle est réalisée en tant que vanne directionnelle à 5/2 voies (12).
10. Agencement de vannes selon l'une des revendications 1 à 3, 6 ou 7 en combinaison avec la revendication 9, **caractérisé en ce que** le dispositif de rappel de l'étage principal (6) de la première vanne directionnelle est conçu parallèlement à un ressort mécanique (5) et un ressort pneumatique (24), dans lequel le ressort pneumatique (24) est sollicité de l'extérieur par l'intermédiaire de la seconde vanne directionnelle dans sa position de repos et est désaéré dans sa position de commutation.
11. Procédé de commande pour un agencement de vannes selon les revendications 3 et 7 ou les revendications 3 et 7 en combinaison avec l'une des revendications 4, 5 ou 9, ou les revendications 3 et 7 et la revendication 10, ou les revendications 3, 7, 9 et 10, dans lequel le raccord d'air comprimé (15) de la seconde vanne directionnelle est disposé en amont d'un dispositif d'étranglement et aucune vanne anti-retour n'est disposée dans la conduite de liaison (9), **caractérisé en ce que** les étages préliminaires des deux vannes directionnelles sont conçus pour être commutables électriquement à la fois conjointement et individuellement.
12. Procédé de commande pour un agencement de vannes selon les revendications 6 et 7, ou les revendications 6, 7 et 9, ou les revendications 6, 7, 9 et 10, **caractérisé en ce que** les étages préliminaires des deux vannes directionnelles sont commutables électriquement à la fois conjointement et individuellement.

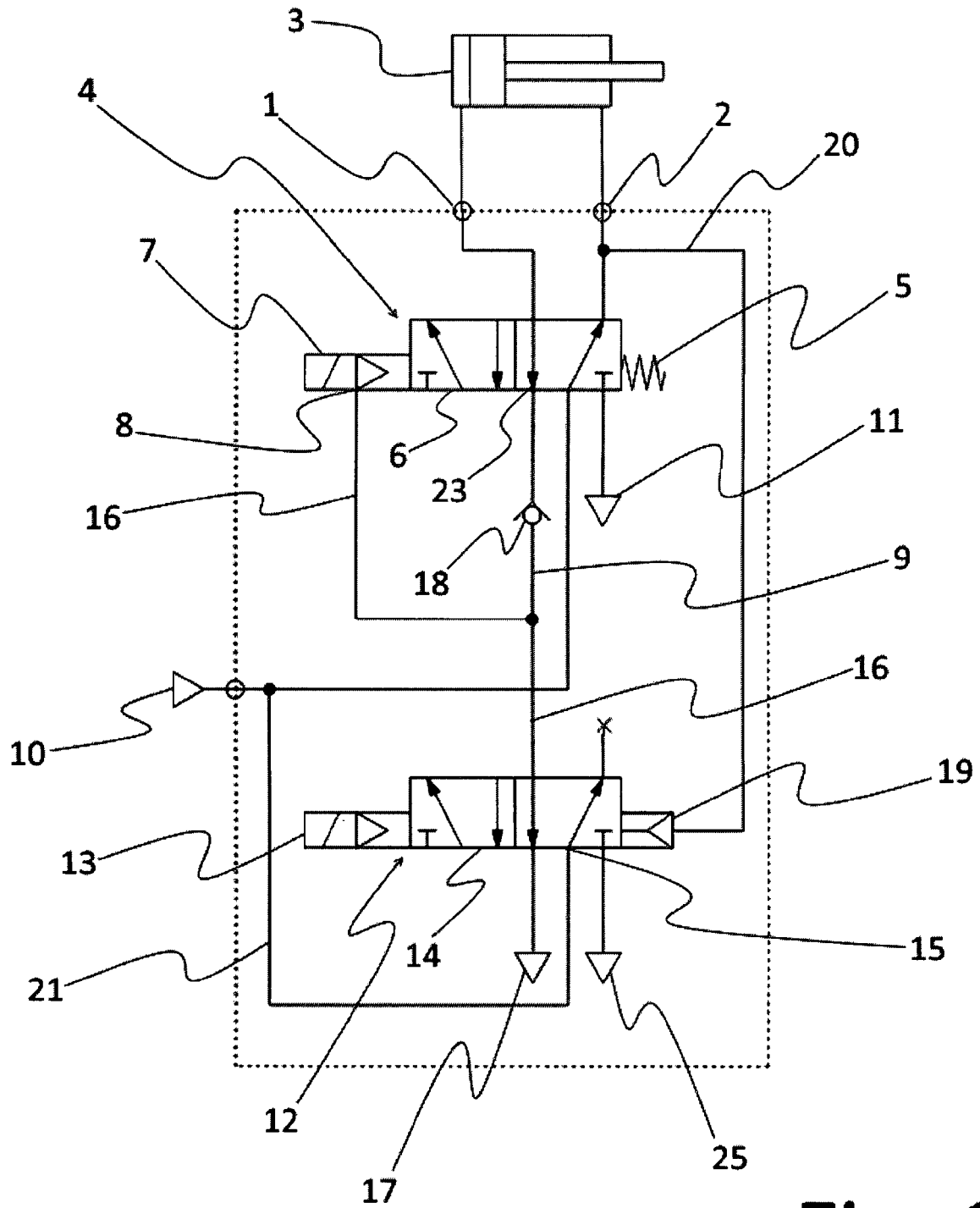


Fig. 1

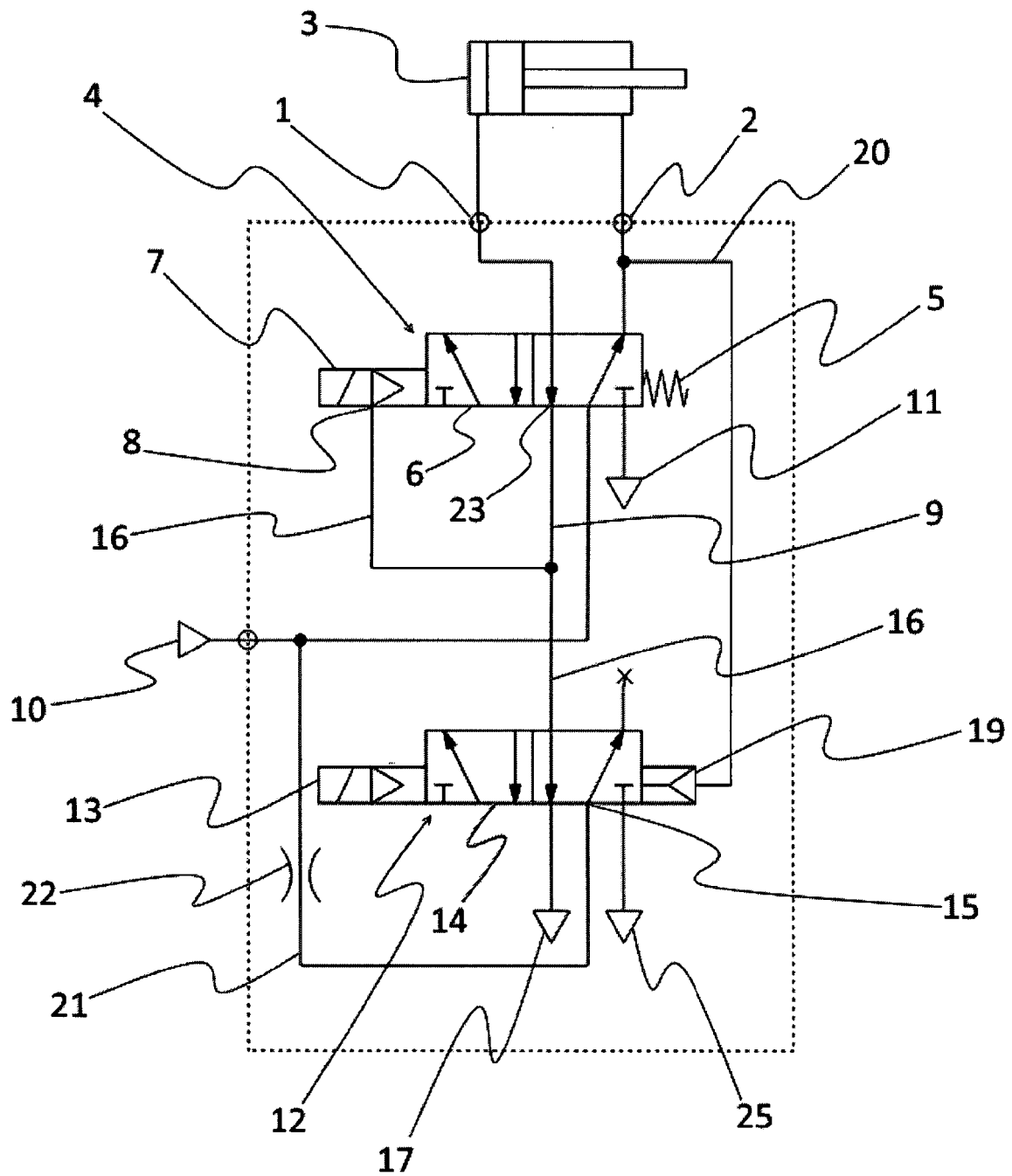


Fig. 2

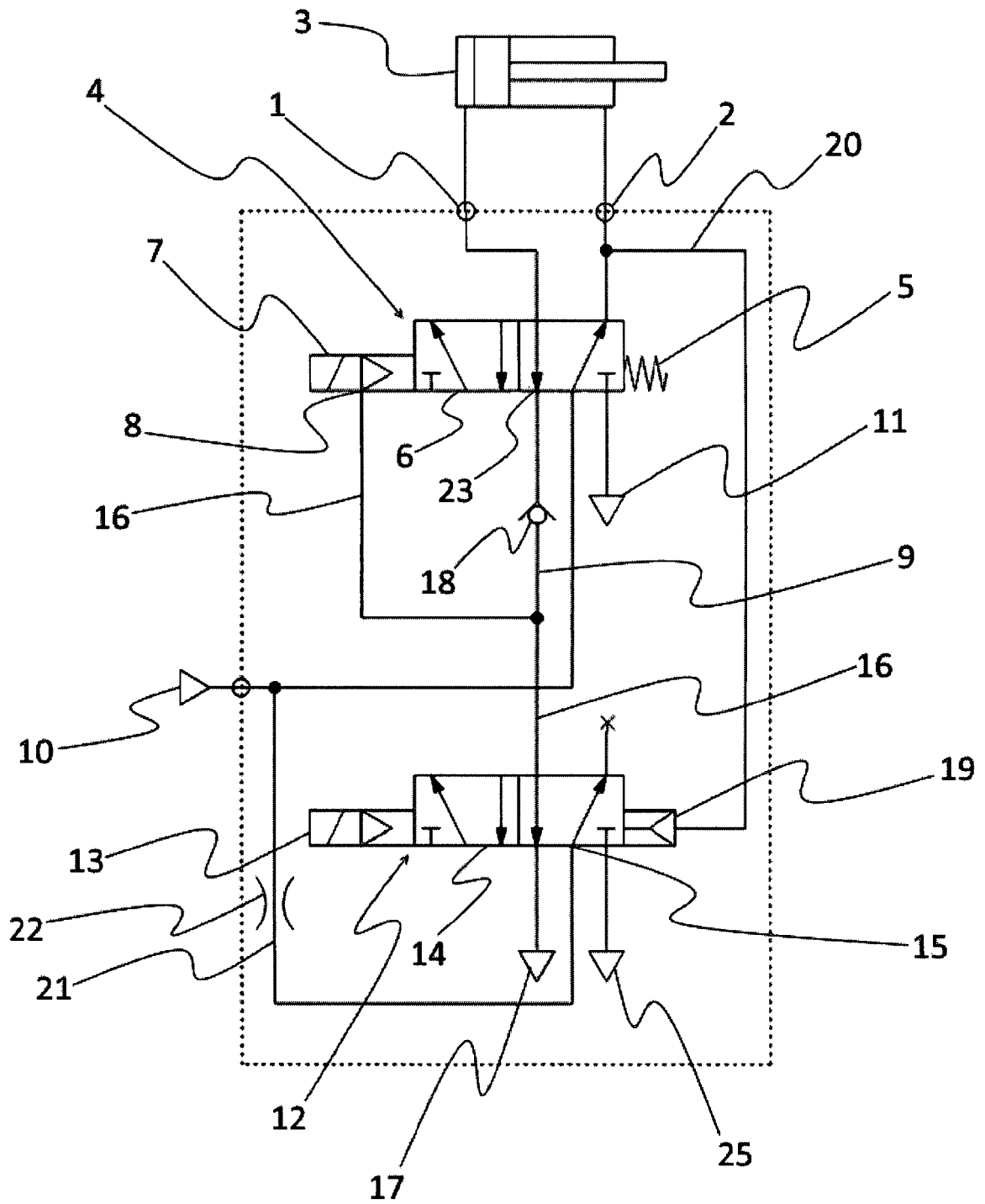


Fig. 3

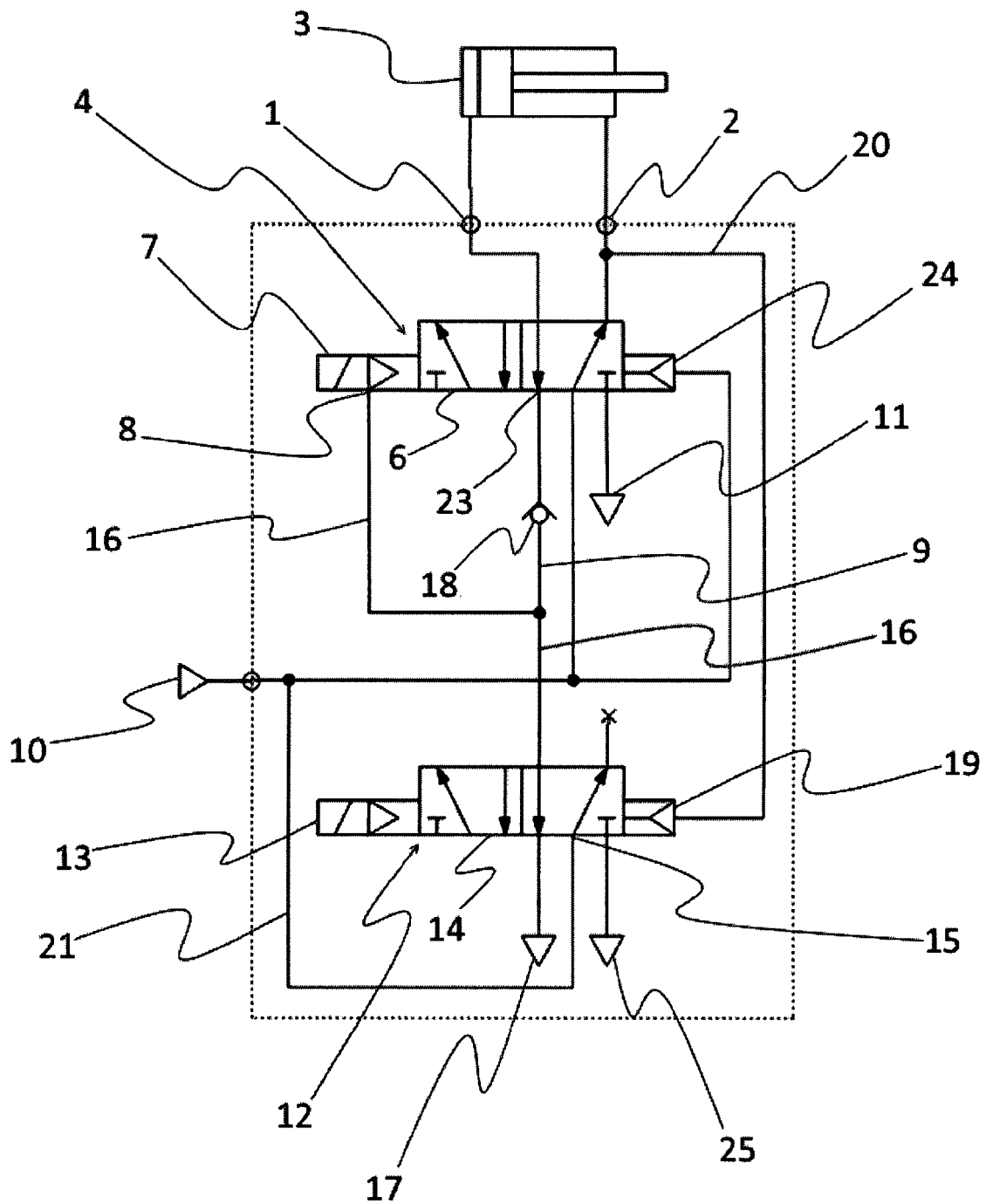


Fig. 4

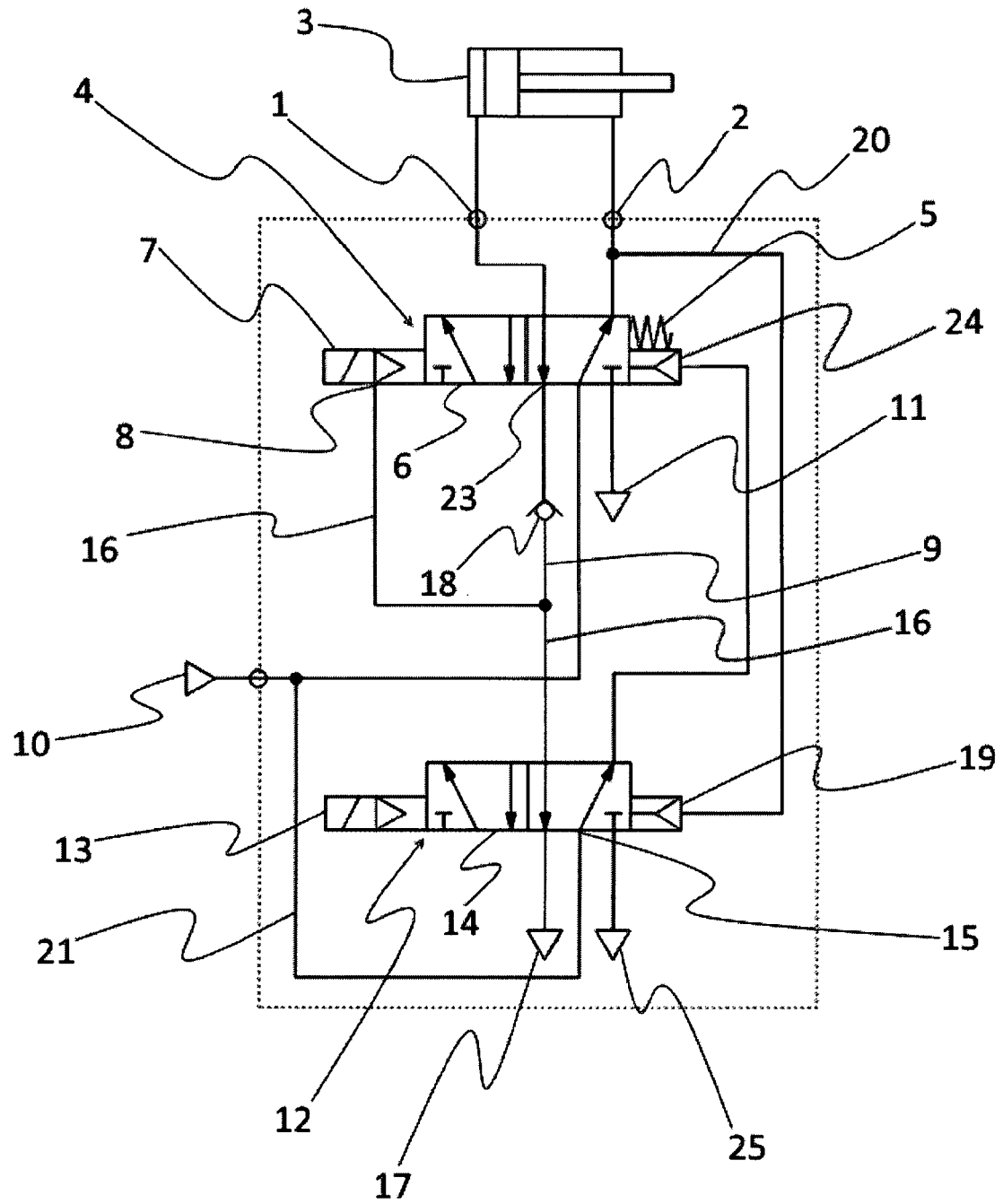


Fig. 5

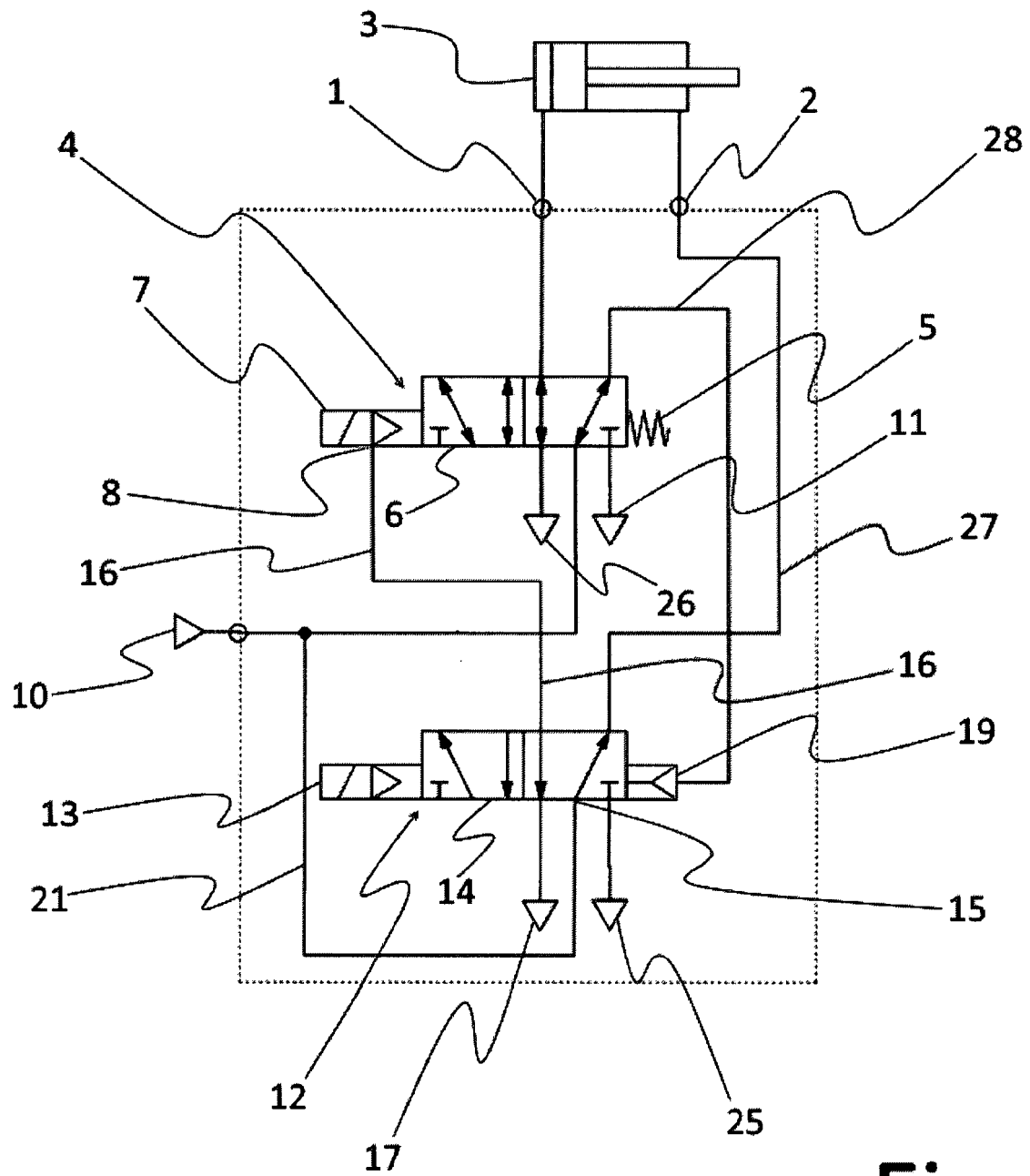


Fig. 6

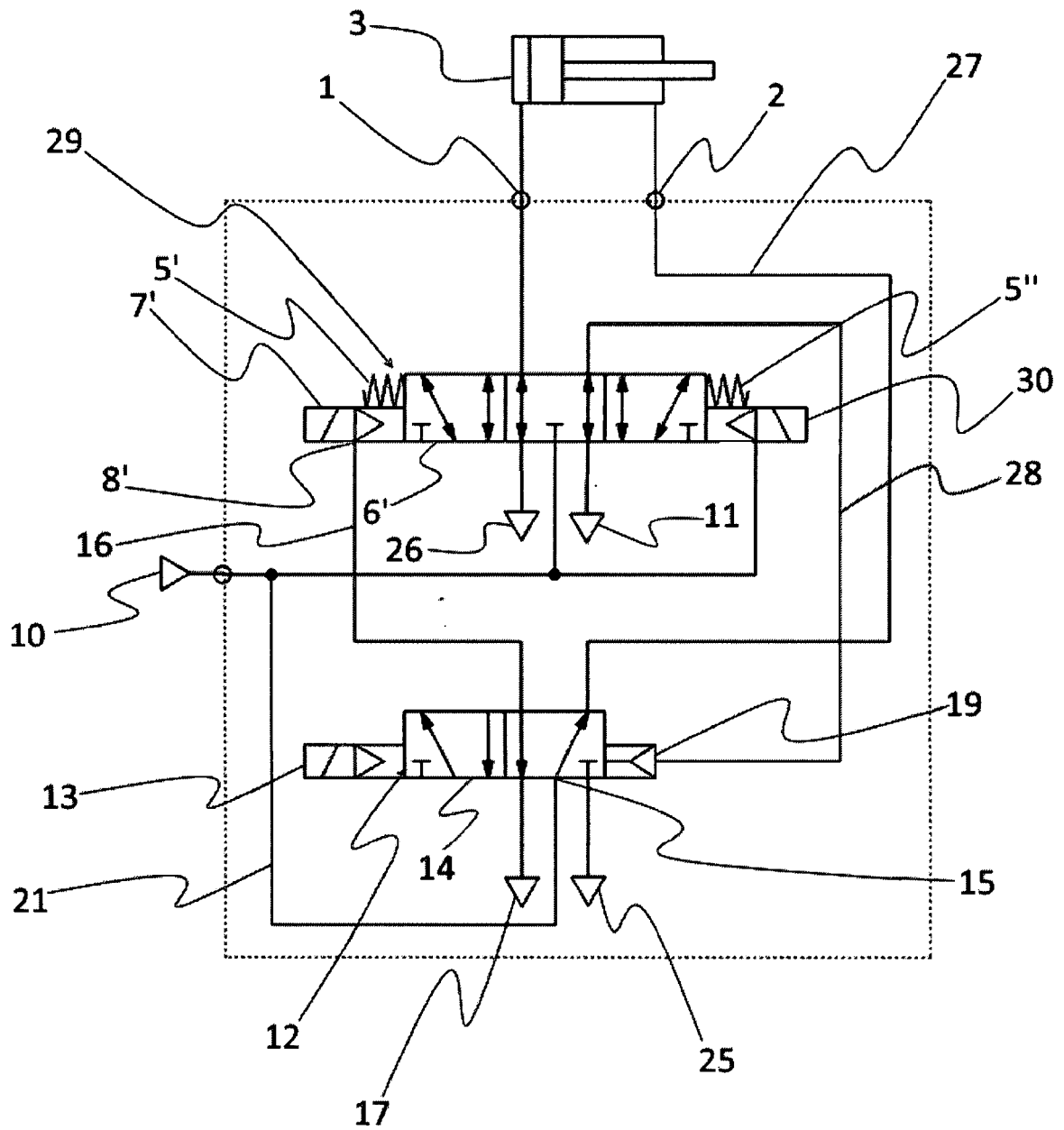


Fig. 7

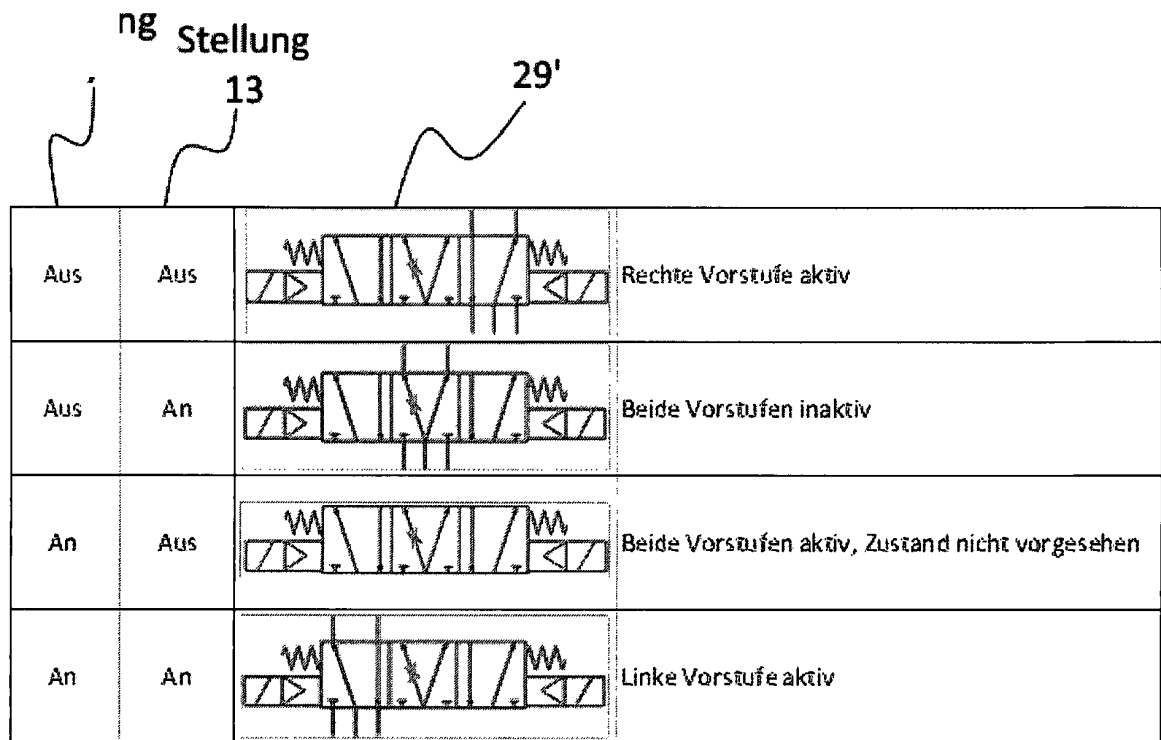


Fig. 8

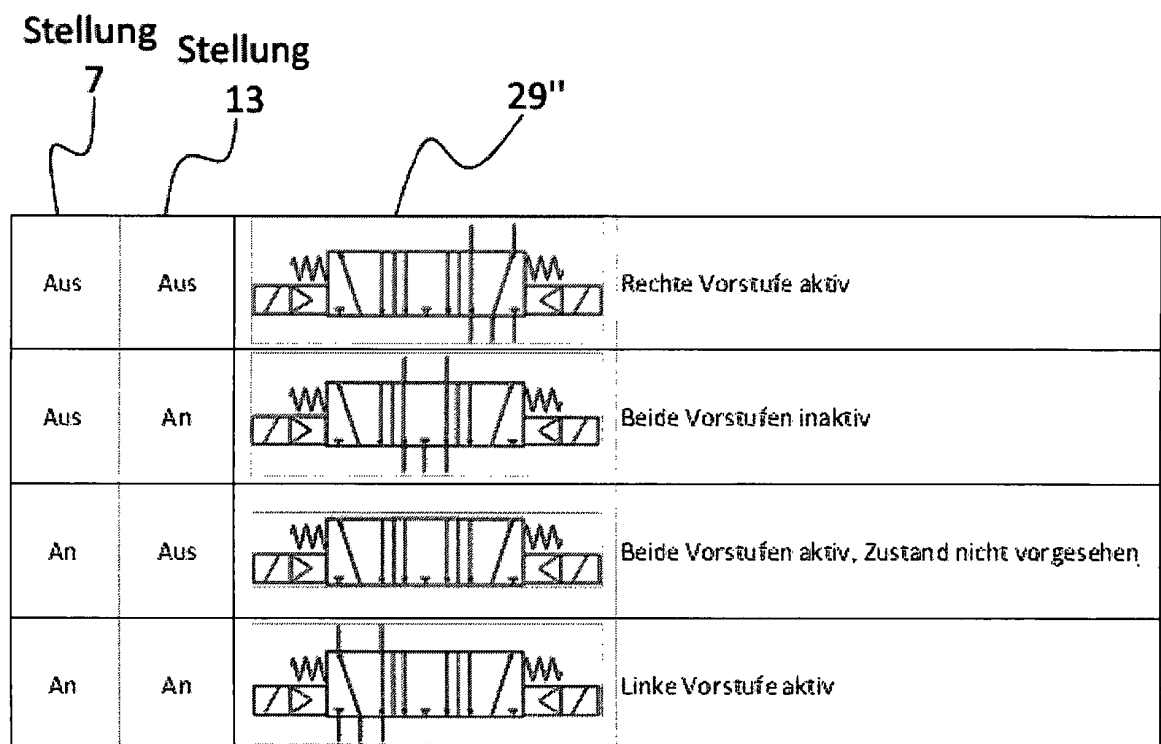
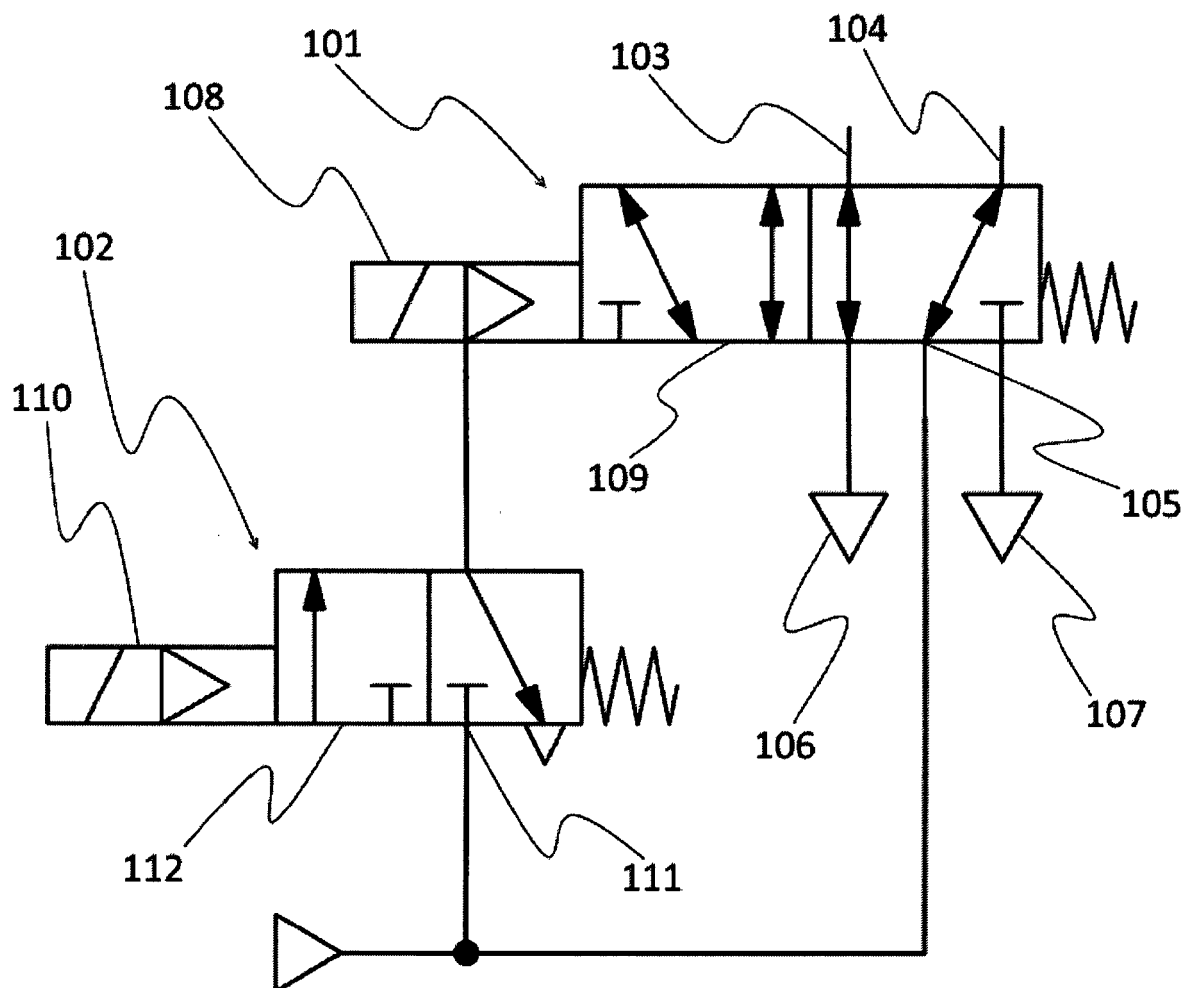


Fig. 9



(Stand der Technik)

**Fig. 10**

**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**

- EP 0846873 A2 [0003]
- EP 0463394 B1 [0003] [0026]
- WO 03004194 A1 [0005]
- DE 102007041583 A1 [0006]
- DE 102009037120 [0007]
- DE A1 [0007]
- DE 3927637 C1 [0026]