(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 106 909 A1** 2017.10.19

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 106 909.4**
(22) Anmeldetag: **14.04.2016**
(43) Offenlegungstag: **19.10.2017**

(51) Int Cl.: ***F16K 27/02*** (2006.01)
F16K 31/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hoerbiger Automatisierungstechnik Holding GmbH, 86972 Altenstadt, DE

(74) Vertreter:
Grättinger Möhring von Poschinger Patentanwälte Partnerschaft, 82319 Starnberg, DE

(72) Erfinder:
Molnar, György, 71111 Waldenbuch, DE; Kirn, Holger, 72213 Altensteig, DE; Hildebrandt, Benedikt, 70794 Filderstadt, DE; Bilra, Manjeet, 78532 Tuttlingen, DE; Neiß, Sebastian, 70197 Stuttgart, DE; Schrobenhauser, Max, 86971 Peiting, DE; Haller, Daniel, 70569 Stuttgart, DE; Schaible, Jochen, 72213 Altensteig, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

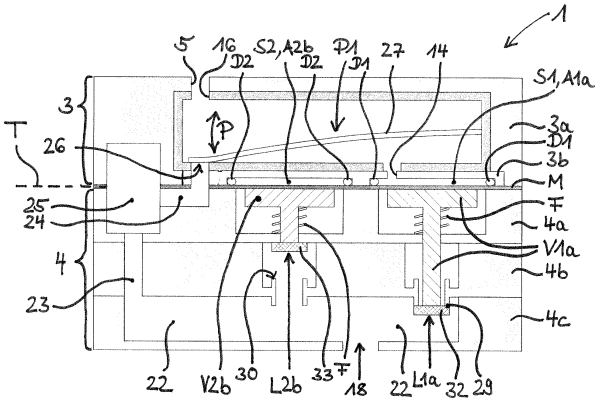
DE	**28 26 538**	**C2**
EP	**1 133 651**	**B1**
EP	**2 113 696**	**B1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektropneumatische Ventilgruppe**

(57) Zusammenfassung: Eine elektropneumatische Ventilgruppe (1) umfasst eine elektropneumatische Pilotstufe mit mindestens einem Pilotventil (P1) und eine von der Pilotstufe angesteuerte pneumatische Leistungsstufe. Dabei schaltet jedes Pilotventil mindestens zwei pneumatisch mit dem Pilotventil gekoppelte Leistungsventile (L1a; L2b) und weist die Ventilgruppe (1) ein Gehäuse mit einem elektrischen Signaleingang, einem Druckluftanschluss (18), wenigstens einem Entlüftungsanschluss und wenigstens einem Arbeitsausgang auf. Das Gehäuse ist schichtartig aufgebaut mit mindestens einem Pilotstufengehäuse (3) und mindestens einem entlang einer im Wesentlichen ebenen Trennfläche (T) an diesem angeschlossenen Leistungsstufengehäuse (4). Dabei ist zwischen dem mindestens einen Pilotstufengehäuse (3) und dem mindestens einen Leistungsstufengehäuse (4) mindestens ein Dichtglied (D1, D2) aufgenommen oder ausgebildet, das einen zwischen Pilotstufengehäuse (3) und Leistungsstufengehäuse (4) angeordneten Steuerdruckbereich (S1, S2) umschließt. Dieser weist zwei Ansteuerbereiche (A1a; A2b) für zwei Leistungsventile (L1a; L2b) und eine kanalartige Verbindung mit definiertem Strömungsquerschnitt zwischen den zwei Ansteuerbereichen auf. Und ein in dem Pilotstufengehäuse (3) vorgesehener Ausgang (14) des zugeordneten Pilotventils (P1) mündet in den Steuerdruckbereich (S1, S2).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektropneumatische Ventilgruppe, insbesondere zur Betätigung eines pneumatischen Arbeitsgliedes, umfassend eine elektropneumatische Pilotstufe mit mindestens einem Pilotventil und eine von der Pilotstufe angesteuerte pneumatische Leistungsstufe mit mindestens zwei Leistungsventilen, wobei jedes Pilotventil mindestens zwei pneumatisch mit dem Pilotventil gekoppelte Leistungsventile schaltet und wobei die Ventilgruppe ein Gehäuse mit einem elektrischen Signaleingang, einem Druckluftanschluss, wenigstens einem Entlüftungsanschluss und wenigstens einem Arbeitsausgang aufweist.

[0002] Derartige elektropneumatische Ventilgruppen sind aus dem Stand der Technik in verschiedenen Ausgestaltungen bekannt und finden als (mittels eines elektronischen Stellsignals angesteuerte) Stellungsregler zum Betätigen eines an dem wenigstens einen Arbeitsausgang anzuschließenden pneumatischen Arbeitsglieds (z.B. einer pneumatischen Armatur oder eines pneumatischen Antriebs) Verwendung.

[0003] Da dort mittels je eines Pilotventils, d.h. mittels des an einem Ausgang des Pilotventils erzeugten Steuerdrucks, gleichzeitig zwei Leistungsventile angesteuert werden, ist durch geeignete Gestaltung der Ventilgruppe bzw. der Leistungsventile sicherzustellen, dass die zwei Leistungsventile das gewünschte Schaltverhalten aufweisen.

[0004] Aus dem Stand der Technik vorbekannte elektropneumatische Ventilgruppen der eingangs genannten Art nutzen zur pneumatischen Ansteuerung der Leistungsventile häufig geradlinige, als Bohrung innerhalb eines metallischen Gehäuses erzeugte Kanäle mit darin eingepressten Drosseln, mit denen der zeitliche Verlauf des einem bestimmten Leistungsventil zugeführten Steuerdrucks und somit die Schaltzeiten der jeweiligen Leistungsventile dem konkret gewünschten Schaltverhalten angepasst werden können. Hierdurch erweist sich die herstellerseitige Anpassung des Schaltverhaltens des Ventils als fertigungstechnisch vergleichsweise komplex. Ferner ergibt sich aufgrund der langen Bohrungen, die eine entsprechende Drossel aufnehmen müssen, ein relativ großes Volumen für den vom Pilotventil zu erzeugenden Steuerdruck, was dann wiederum zu längeren Schaltzeiten führt.

[0005] Vor dem Hintergrund des vorstehend geschilderten Stands der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektropneumatische Ventilgruppe der gattungsgemäßen Art so auszugestalten, dass diese kostengünstig herstellbar und dabei derart modular aufgebaut ist, dass sie in besonders einfacher Weise möglichst flexibel an verschiedene kundenspezifische Anforderungen anpassbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird mit einer elektropneumatischen Ventilgruppe nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen und die Vorteile einer solchen Ventilgruppe ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0007] Die erfindungsgemäße pneumatische Ventilgruppe zeichnet sich neben den eingangs genannten Merkmalen dadurch aus, dass das Gehäuse schichtartig aufgebaut ist mit mindestens einem Pilotstufengehäuse und mindestens einem entlang einer im Wesentlichen ebenen Trennfläche an diesem angeschlossenen Leistungsstufengehäuse, wobei zwischen dem mindestens einen Pilotstufengehäuse und dem mindestens einen Leistungsstufengehäuse mindestens ein Dichtglied aufgenommen oder ausgebildet ist, das einen zwischen Pilotstufengehäuse und Leistungsstufengehäuse angeordneten Steuerdruckbereich umschließt, wobei der Steuerdruckbereich zwei Ansteuerbereiche für zwei Leistungsventile und eine kanalartige Verbindung mit definiertem Strömungsquerschnitt zwischen den zwei Ansteuerbereichen aufweist, und wobei ein in dem Pilotstufengehäuse vorgesehener Ausgang des zugeordneten Pilotventils in den Steuerdruckbereich mündet.

[0008] Durch einen solchermaßen modularen und schichtartigen Aufbau des Gehäuses der Ventilgruppe, bei welchem der Steuerdruckbereich zwischen einander zuweisenden Oberflächen des Leistungsstufengehäuses und des Pilotstufengehäuses ausgebildet ist, lassen sich die Schaltzeiten der Leistungsventile auf besonders einfache Art und Weise beeinflussen bzw. aufeinander abstimmen.

[0009] Dies kann vorliegend insbesondere dadurch erfolgen, dass der Strömungsquerschnitt der die beiden Ansteuerbereiche verbindenden kanalartigen Verbindung für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet angepasst wird. Der in den Steuerdruckbereich mündende Ausgang des Pilotventils muss dabei keine separaten Drosseln aufnehmen und kann – auch wegen des schichtartigen Aufbaus des Gehäuses der erfindungsgemäßen Ventilgruppe – als einfache Bohrung mit kurzer Länge ausgestaltet sein. Die von einem Pilotventil zum Schalten von zwei Leistungsventilen bereitgestellte Steuerluft strömt zunächst an einer geeignet vorgebbaren Stelle in den Steuerdruckbereich und dort durch die in vielfältiger Weise (z.B. mit Verengungen und/oder Umlenkungen) ausgestaltbare kanalartige Verbindung zwischen den beiden (je einem Leistungsventil zugeordneten) Ansteuerbereichen hindurch.

[0010] Die zur Beeinflussung der Schaltzeiten der Leistungsventile benötigte Drosselwirkung kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung also insbesondere durch die konkrete Form und Anordnung des

zwischen Pilotstufengehäuse und Leistungsstufengehäuse ausgebildeten Steuerdruckbereichs erzeugt werden. Zur Bemessung des Strömungsquerschnitts der die zwei Ansteuerbereiche des Steuerdruckbereichs fluidisch koppelnden kanalartigen Verbindung bestehen bei einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe verschiedene einfach und kostengünstig zu realisierende Möglichkeiten, wie dies weiter unten noch näher ausgeführt wird.

[0011] In einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Ausgang des Pilotventils in asymmetrischer Anordnung in den Steuerdruckbereich mündet. Hierzu sei nochmals kurz erläutert, dass der Steuerdruckbereich vorliegend zwei (je einem Leistungsventil zugeordnete) Ansteuerbereiche und eine kanalartige Verbindung zwischen diesen umfasst, wobei in einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe, wenn diese mehr als ein Pilotventil umfasst, jedem Pilotventil ein separater Steuerdruckbereich und zwei hierüber anzusteuernde Leistungsventile zugeordnet sind. Der vorstehend erwähnte Begriff der "asymmetrischen Anordnung" bezieht sich auf diesen Steuerdruckbereich, so dass der in den Steuerdruckbereich mündende Ausgang des Pilotventils also vorteilhaft nicht exakt mittig in die kanalartige Verbindung zwischen den zwei Ansteuerbereichen mündet. Insbesondere bietet es sich in zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung an, dass der Ausgang des betreffenden Pilotventils in einen der zwei Ansteuerbereiche des dem Pilotventil zugeordneten Steuerdruckbereichs mündet.

[0012] In besonders bevorzugter Weise kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass das wenigstens eine Dichtglied als geschlossene Schnurdichtung ausgeführt ist, die den – nach oben und unten durch das Pilotstufengehäuse und das Leistungsstufengehäuse (bzw. eine daran ggfs. anliegende Membran / Dichfläche) begrenzten – Steuerdruckbereich seitlich umläuft. Das Dichtglied ist also vorteilhaft zwischen Pilotstufengehäuse und Leistungsstufengehäuse dichtend verspannt, wobei ein als Schnurdichtung ausgestaltetes Dichtglied insbesondere als separates Bauteil aus einem geeigneten Elastomer (z.B. in einem Spritzgussverfahren) hergestellt sein kann. Der Strömungsquerschnitt der von dem Dichtglied seitlich begrenzten kanalartigen Verbindung kann somit in besonders einfacher Weise durch unterschiedliche Gestaltung und/oder unterschiedliche Anordnung des Dichtglieds variiert werden.

[0013] Weiterhin kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorteilhaft vorgesehen sein, dass die dem Leistungsstufengehäuse zugewandte Oberfläche des Pilotstufengehäuses Nuten zur Aufnahme der Schnurdichtung aufweist, womit deren lagerechte Platzierung innerhalb der Ventilgruppe auf einfache Weise gewährleistet werden kann.

[0014] Bevorzugt kann ferner vorgesehen sein, dass an der dem Leistungsstufengehäuse zugewandten Oberfläche des Pilotstufengehäuses, insbesondere zwischen zwei einander benachbarten Nuten, Erhebungen ausgebildet sind. Hierdurch kann, sofern die betreffende Erhebung im Bereich der kanalartigen Verbindung angeordnet ist, in vorteilhafter Weise eine Art Steg realisiert werden, der die Querschnittsfläche der kanalartigen Verbindung pilotstufengehäuseseitig verkleinert und somit deren Strömungsquerschnitt verringert. Eine solche Erhebung bzw. ein durch eine solche Erhebung gebildeter Steg kann somit zur Reduzierung der Höhe des Steuerdruckbereichs beitragen, womit – insbesondere im Bereich der kanalartigen Verbindung – eine gezielte Beeinflussung des Strömungsquerschnitts möglich ist.

[0015] Als besonders vorteilhaft erweist es sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung außerdem, wenn die dem Leistungsstufengehäuse zugewandte Oberfläche des Pilotstufengehäuses auf einer Verteilerplatte ausgeführt ist, welche zusammen mit einem Basiskörper das Pilotstufengehäuse bildet. Hierdurch können etwaige im konkreten Anwendungsfall vorgesehene Nuten und/oder vorgenannte Erhebungen bzw. Stege an besagter Verteilerplatte ausgebildet und ggfs. für verschiedene Ventilgruppen unterschiedlich gestaltet werden, ohne dass hierfür sonstige Änderungen am Gehäuse der erfindungsgemäßen Ventilgruppe notwendig sind. Außerdem könnte gegebenenfalls auch das wenigstens eine Dichtglied an der Verteilerplatte angeformt sein.

[0016] Weiterhin erweist es sich als vorteilhaft, dass eine solche – dem gewünschten Schaltverhalten der Ventilgruppe angepasste bzw. dieses beeinflussende – Verteilerplatte in einfacher Weise als Spritzgussteil aus Kunststoff hergestellt werden kann, wobei etwaige an der Verteilerplatte auszubildende Nuten, Erhebungen bzw. Stege oder sonstige Querschnittsvariationen für den Steuerdruckbereich in besonders einfacher und kostengünstiger Weise durch Verwendung verschiedener Werkzeugeinsätze in dem Spritzgusswerkzeug realisierbar sind.

[0017] Bevorzugt ist in dem Pilotstufengehäuse mindestens ein piezoelektrisches Pilotventil aufgenommen. Mit piezoelektrischen Pilotventilen lassen sich besonders schnell schaltende und präzise ansteuerbare Ventilgruppen erfindungsgemäßer Art realisieren. Ersichtlich sind dann, sofern die erfindungsgemäße Ventilgruppe mehrere Pilotventile umfasst, bevorzugt alle elektropneumatischen Pilotventile als piezoelektrische Pilotventile ausgestaltet.

[0018] Von Vorteil ist ferner, wenn die Druckluftversorgung des mindestens einen Pilotventils durch die Trennfläche hindurch geführt ist. Hierdurch kann ein am Leistungsstufengehäuse vorgesehener Druckluftanschluss, über welchen die Leistungsventile der

erfindungsgemäßen Ventilgruppe mit Druckluft versorgt werden, gleichzeitig auch zur Druckluftversorgung für die Pilotventile dienen.

[0019] Außerdem ist von Vorteil, wenn in dem Pilotstufen- und/oder Leistungsstufengehäuse ein Druckregler für die Druckluftversorgung des wenigstens einen Pilotventils integriert ist. Mit einem solchen Druckregler, der als solcher aus dem Stand der Technik bekannt ist, kann am Eingang des mindestens einen Pilotventils ein stabiler (und gegenüber dem an den Leistungsventilen benötigten Druck reduzierter) Druck zur Verfügung gestellt werden.

[0020] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass an der dem Pilotstufengehäuse zugewandten Oberfläche des Leistungsstufengehäuses (mindestens) eine Membran angeordnet ist, welche auf ihrer dem Pilotstufengehäuse zugewandten Seite den Steuerdruckbereich begrenzt und welcher an ihrer gegenüberliegenden Seite (im Bereich der beiden Ansteuerbereiche) Ventilkörper der beiden zugeordneten Leistungsventile anliegen. Die Ventilkörper der Leistungsventile, die hierzu bevorzugt mechanisch mit der Membran gekoppelt bzw. verbunden sind, werden dann also so betätigt, dass der von dem zugeordneten Pilotventil bereitgestellte Steuerdruck eine Auslenkung der Membran und des hieran anliegenden Ventilkörpers bewirkt, wodurch besagter Ventilkörper – je nach aktuellem Schaltzustand des Ventils – insbesondere von einem Dichtsitz abgehoben und/oder gegen einen Dichtsitz verschoben werden kann.

[0021] Bei einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe kann in besonders zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass genau zwei Pilotventile und vier Leistungsventile vorgesehen sind, wobei von jedem Pilotventil über je einen Steuerdruckbereich zwei Leistungsventile angesteuert werden. Dabei erweist es sich weiterhin als vorteilhaft, wenn die vier Leistungsventile in Draufsicht auf die Trennfläche im Wesentlichen auf den Ecken eines Quadrats angeordnet sind, wobei jeweils die einander diametral gegenüberliegenden Leistungsventile miteinander gekoppelt sind, also vorteilhaft von einund demselben Pilotventil geschalten werden. Ersichtlich sind dann durch geeignete Gestaltung des wenigstens einen Dichtglieds in der Trennfläche insgesamt zwei (voneinander getrennte) Steuerdruckbereiche (mit je zwei Ansteuerbereichen und je einer kanalartigen Verbindung zwischen den Ansteuerbereichen zur Kopplung von zwei Leistungsventilen) vorzusehen.

[0022] Bevorzugt können die beiden hierfür zu bildenden Steuerdruckbereiche durch je ein Dichtglied oder durch insgesamt ein Dichtglied umgrenzt sein.

[0023] Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe vorteilhaft vorgesehen sein, dass das Gehäuse wenigstens vier pneumatische Anschlüsse aufweist in Form von zwei paarweise an die vier Leistungsventile angeschlossenen Arbeitsausgängen, einem an zwei der Leistungsventile angeschlossenen Drucklufteingang und einer an die beiden anderen Leistungsventile angeschlossenen Entlüftung. Letztgenannte Entlüftung kann durch geeignete fluidleitende Verbindungen innerhalb des Gehäuses gleichzeitig als Entlüftung für das wenigstens eine Pilotventil dienen, wobei alternativ auch am Pilotstufengehäuse wenigstens ein separater Entlüftungsanschluss für das wenigstens eine Pilotventil vorgesehen sein kann.

[0024] Im Rahmen des ohnehin mehrteiligen Gehäusekonzepts kann darüber hinaus bevorzugt vorgesehen sein, dass das Leistungsstufengehäuse zwei- oder dreiteilig ausgeführt ist, wie dies nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert wird.

[0025] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Leistungsventile als gegen einen Dichtsitz verschiebbare und/oder von einem Dichtsitz abhebbare Sitzventile ausgeführt sind. Im Gegensatz zu Schieberventilen kann hierdurch ein besonders leckagearmer bzw. leckagefreier Betrieb der erfindungsgemäßen Ventilgruppe gewährleistet werden.

[0026] Weiterhin kann bevorzugt vorgesehen sein, dass das (gesamte – ggfs. mehrteilige) Pilotstufengehäuse und das (gesamte – ggfs. mehrteilige) Leistungsstufengehäuse jeweils als Spritzgießteile aus Kunststoff ausgeführt sind, so dass sich gegenüber herkömmlichen, aus Metall bestehende Ventilgehäusen deutliche Kosteneinsparungen ergeben.

[0027] Und schließlich kann vorteilhaft noch vorgesehen sein, dass das Leistungsstufengehäuse einen separaten Gehäuseteil aufweist, welcher zumindest den Druckluftanschluss und die pneumatischen Arbeitsausgänge (zum Anschluss des mit der erfindungsgemäßen Ventilgruppe zu betätigenden pneumatischen Arbeitsglieds) aufweist.

[0028] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

[0029] **Fig.** 1 eine perspektivische Ansicht des Gehäuses eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe,

[0030] **Fig.** 2–**Fig.** 6 verschiedene perspektivische Ansichten von Teilen der erfindungsgemäßen Ventilgruppe gemäß dem Ausführungsbeispiel aus **Fig.** 1,

[0031] **Fig.** 7 einen Schnitt durch die Ventilgruppe gemäß Schnittlinie A-A aus **Fig.** 1,

[0032] **Fig.** 8 einen Schnitt durch die Ventilgruppe gemäß Schnittlinie B-B aus **Fig.** 1,

[0033] **Fig.** 9a–**Fig.** 9b zwei verschiedene Varianten zur einfachen Variation des Strömungsquerschnitts der kanalartigen Verbindung in einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe gemäß Schnittlinie C-C aus **Fig.** 4 und

[0034] **Fig.** 10 einen Pneumatikschaltplan eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe.

[0035] Die **Fig.** 1–**Fig.** 8 zeigen verschiedene (Teil-)Ansichten bzw. Querschnitte eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen elektropneumatischen Ventilgruppe **1**, welche insgesamt zwei Pilotventile P1, P2 und vier Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b umfasst. Dabei dient das Pilotventil P1 zum Betätigen bzw. Schalten eines ersten Paars von Leistungsventilen L1a, L1b und das Pilotventil P2 zum Betätigen bzw. Schalten eines zweiten Paars von Leistungsventilen L2a, L2b, wie dies nachfolgend noch näher erläutert wird.

[0036] In der perspektivischen Darstellung des Gehäuses **2** des Ausführungsbeispiels der Ventilgruppe **1** gemäß **Fig.** 1 und den Schnitten gemäß **Fig.** 7 und **Fig.** 8 (entsprechend den Schnittlinieen A-A und B-B aus **Fig.** 1) durch die Ventilgruppe **1** ist gut zu erkennen, dass das Gehäuse **2** der Ventilgruppe **1** schichtartig aus einem Pilotstufengehäuse **3** und einem Leistungsstufengehäuse **4** aufgebaut ist, wobei Pilotstufengehäuse **3** und Leistungsstufengehäuse **4** entlang einer im Wesentlichen ebenen Trennfläche T aneinander angeschlossen sind. Das Pilotstufengehäuse **3** und das Leistungsstufengehäuse **4** sind auf geeignete Weise miteinander verbunden (z.B. miteinander verschraubt), was in den Figuren der besseren Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist.

[0037] In **Fig.** 1 in Zusammenschau mit den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 ist ferner zu erkennen, dass das Pilotstufengehäuse **3** und das Leistungsstufengehäuse **4** ihrerseits jeweils mehrteilig ausgestaltet sind. Das Pilotstufengehäuse **3** umfasst hierbei einen Basiskörper **3a** und eine mit ihrer unteren Oberfläche dem Leistungsstufengehäuse **4** zugewandte Verteilerplatte **3b**, welche zusammen das zur Aufnahme von insgesamt zwei Pilotventilen P1, P2 dienende Pilotstufengehäuse **3** bilden.

[0038] Auf der Oberseite des Pilotstufengehäuses **3** sind zwei Entlüftungsöffnungen bzw. Entlüftungsanschlüsse **5**, **6** für die beiden darin vorgesehenen Pilotventile P1 und P2 vorgesehen. Ferner ist am Pilotstufengehäuse **3** ein elektrischer Signaleingang **7** zur elektrischen bzw. elektronischen Ansteuerung der beiden darin befindlichen elektropneumatischen Pilotventile P1 und P2 vorgesehen.

[0039] Das Leistungsstufengehäuse **4** ist ebenfalls mehrteilig und schichtartig (mit im Wesentlichen ebenen Trennflächen) aus insgesamt drei Gehäuseteilen **4a**, **4b**, **4c** ausgestaltet, in welchen insgesamt vier Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b aufgenommen sind. Dabei sind am untersten Gehäuseteil **4c** die zu den verschiedenen Ventilen führenden pneumatischen Anschlüsse der Ventilgruppe **1** (mit Ausnahme der beiden Entlüftungsanschlüsse **5**, **6** für die zwei Pilotventile P1 und P2) vorgesehen, was weiter unten in Zusammenhang mit den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 noch näher erläutert wird.

[0040] Zum besseren Verständnis des Gehäusekonzepts des gegebenen Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen elektropneumatischen Ventilgruppe **1** zeigen die **Fig.** 2 bis **6** jeweils lediglich einen Teil des in **Fig.** 1 dargestellten Gehäuses **2** der Ventilgruppe **1** bei dessen sukzessivem Zusammenbau.

[0041] **Fig.** 2 zeigt ausschließlich das Leistungsstufengehäuse **4** mit insgesamt vier darin eingesetzten Leistungsventilen L1a, L1b, L2a, L2b bzw. deren gehäuseoberseitig erkennbaren Ventilkörpern V1a, V1b, V2a, V2b. Die rechteckige Aussparung **8** in dem obersten Gehäuseteil **4a** des Leistungsstufengehäuses **4** dient der teilweisen Aufnahme eines Druckreglers, was nachfolgend anhand der **Fig.** 7 noch näher erläutert wird. Ferner ist in **Fig.** 2 im obersten Gehäuseteil **4a** des Leistungsstufengehäuses noch eine Bohrung **9** zu erkennen, durch welche den Pilotventilen P1, P2 die zu deren Betrieb benötigte Druckluft zugeführt.

[0042] **Fig.** 3 zeigt nochmals das Leistungsstufengehäuse **4**, wobei dort nun auf dessen Oberseite eine Membran M angeordnet ist, welche vorliegend im Wesentlichen die gesamte zum (in **Fig.** 3 nicht gezeigten) Pilotstufengehäuse **3** weisende Oberfläche des Leistungsstufengehäuses **4** überdeckt und welcher – im Innenbereich der vier durch gestrichelte Linien gezeichneten Kreise K1a, K1b, K2a, K2b – unterseitig die Ventilkörper V1a, V1b, V2a, V2b der vier Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L1b anliegen und mit dieser mechanisch verbunden sind, so dass die Membran M in diesem Bereich (gemeinsam mit jeweiligen Ventilkörper) ausgelenkt werden kann. Im Bereich der gestrichelten Kreise K1a, K1b, K2a, K2b kann die Membran M vorteilhaft eine der Kontur der Kreises folgende Sicke bzw. eine wulstartige Strukturierung aufweisen und/oder dort (nach Zusammenbau des gesamten Gehäuses) fest mit dem Leistungsstufengehäuse **4** verklemmt sein, so dass eine Auslenkung der Membran M im Bereich eines Ventilkörpers V1a, V1b, V2a, V2b keinen Einfluss auf die übrige Membran M hat. Im Übrigen weist die Mem-

bran M vorliegend zwei Aussparungen **10**, **11** auf, die zur Aussparung **8** und der Bohrung **9** im obersten Gehäuseteil **4a** des Leistungsstufengehäuses **4** (vgl. **Fig.** 2) korrespondieren.

[0043] **Fig.** 4 zeigt wiederum das Leistungsstufengehäuse **4** mit der darauf befindlichen Membran M, wobei nun ergänzend zwei auf der Membran angeordnete Dichtglieder D1 und D2 in Form von geschlossenen Schnurdichtungen angeordnet sind, die – bei vollständig zusammengebautem Gehäuse **2** – je einen Steuerdruckbereich S1, S2 seitlich dicht umschließen bzw. umranden. Jeder dieser Steuerdruckbereiche S1 bzw. S2 wird gebildet durch zwei Ansteuerbereiche A1a, A1b bzw. A2a, A2b und je eine die zwei Ansteuerbereiche A1a und A1b bzw. A2a und A2b mit definiertem Strömungsquerschnitt verbindende kanalartige Verbindungen K1 bzw. K1. Dabei ist jeder Ansteuerbereich A1a, A1b, A2a, A2b je einem Leistungsventil L1a, L1b, L2a, L2b zugeordnet, wie dies durch die in ihrem Aufbauschema zueinander korrespondierenden Bezugszeichen deutlich wird.

[0044] Die beiden von je einem elektropneumatischen Pilotventil P1, P2 mit einem Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerdruckbereiche S1 und S2, welche zwischen dem Leistungsstufengehäuse **4** und dem Pilotstufengehäuse **3** ausgebildet sind, werden somit bei vollständig zusammengebauter Ventilgruppe **1** leistungsstufengehäuseseitig durch die (zum Pilotstufengehäuse weisende) Oberfläche der Membran M begrenzt und sind seitlich umschlossen von dem jeweiligen Dichtglied D1 bzw. D2. Pilotstufengehäuseseitig erfolgt die Begrenzung des jeweiligen Steuerdruckbereichs S1 und S2 durch die zum Leistungsstufengehäuse **4** weisende Oberfläche des Pilotstufengehäuses **3**.

[0045] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Erfindung erstreckt sich die Membran M bis an den seitlichen Rand des obersten Gehäuseteils **4a** des Leistungsstufengehäuses **4**, was jedoch keinesfalls zwingend ist. Vielmehr kann die Membran M in ihrer flächigen Erstreckung auch vom seitlichen Rand zurückgesetzt sein, um den vorteilhaft im Randbereich erfolgenden Anschluss des Pilotstufengehäuses **3** an das Leistungsstufengehäuse **4** zu erleichtern. Grundsätzlich reicht es sogar aus, wenn die Membran M ausschließlich im Bereich der beiden Steuerdruckbereiche S1, S2 vorgesehen ist, so dass prinzipiell auch zwei einzelne Membranen in den genannten Bereichen vorgesehen sein könnten

[0046] **Fig.** 5, in welcher der in **Fig.** 4 dargestellte Teil des Gehäuses **2** der erfindungsgemäßen Ventilgruppe **1** um eine Verteilerplatte **3b** ergänzt wurde, zeigt, dass die beiden Steuerdruckbereiche S1, S2 schließlich nach oben durch eine Verteilerplatte **3b** begrenzt werden, die ihrerseits einen Teil des Pilotstufengehäuses **3** darstellt, was aus den **Fig.** 7, **Fig.** 8, **Fig.** 9a und **Fig.** 9b noch besser deutlich wird. Die Oberseite der Verteilerplatte **3b** wird vorliegend von insgesamt vier Bohrungen **12**, **13**, **14**, **15** durchdrungen, von denen die in **Fig.** 5 weiter links befindlichen Bohrungen **12**, **13** zur Druckversorgung der Pilotventile P1, P2 dienen, während die weiter rechts dargestellten Bohrungen **14**, **15** je einem Pilotventil P1, P2 zugeordnet sind und pilotstufengehäuseseitige Ausgänge des jeweiligen Pilotventils P1, P2 darstellen, die in erfindungsgemäßer Weise – mit ihrem an der zum Leistungsstufengehäuse **4** weisenden Ende – in je einen der zwei Steuerbereiche S1, S2 (vorliegend im Bereich der Ansteuerbereiche A1a und A2a) münden.

[0047] In **Fig.** 6 sind noch die unmittelbar oberhalb der Verteilplatte **3b** angeordneten Pilotstufenventile P1, P2 ergänzt, die oberseitige je eine Entlüftungsöffnung **16**, **17** haben, die zu den in **Fig.** 1 bereits gezeigten Entlüftungsöffnungen **5**, **6** in der Oberseite des Basiskörpers **3a** des Pilotstufengehäuses **3** korrespondieren und mit diesen fluchten. Wenn nun noch der Basiskörper **3a** des Pilotstufengehäuses **3** montiert wird, dann ist die erfindungsgemäße Ventilgruppe **1**, deren Funktionsweise nachfolgend anhand der weiteren Figuren noch näher erläutert wird, komplettiert, wie in **Fig.** 1 bereits dargestellt.

[0048] Die **Fig.** 7 und **Fig.** 8 zeigen zwei Schnittdarstellungen durch das bereits anhand der **Fig.** 1–**Fig.** 6 beschriebene Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe **1** gemäß den Schnittlinien A-A und B-B aus **Fig.** 1.

[0049] Aus den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 ist ersichtlich, dass an dem untersten Gehäuseteil **4c** des Leistungsstufengehäuses **4** in Form von geeigneten Gehäuseöffnungen bzw. pneumatischen Anschlüssen ein Druckluftanschluss **18** (**Fig.** 7), ein erster Arbeitsausgang **19** (**Fig.** 8) und ein Entlüftungsanschluss **20** (**Fig.** 8) vorgesehen sind.

[0050] Dabei ist vorliegend der Druckluftanschluss **18**, wie aus **Fig.** 7 ersichtlich, an die zwei in **Fig.** 7 dargestellten Leistungsventile L1a und L2b angeschlossen, d.h. mit diesen durch geeignete Kanalführung innerhalb des Leistungsstufengehäuses **4** fluidtechnisch verschalten.

[0051] Der erste Arbeitsausgang **19** ist vorliegend an die zwei in **Fig.** 8 dargestellten Leistungsventile L1a und L2a angeschlossen. Weiterhin ist am untersten Gehäuseteil **4c** noch ein zweiter (lediglich schematisch im Pneumatikschaltplan gemäß **Fig.** 10 gezeigter) Arbeitsausgang **21** vorgesehen, welcher in vergleichbarer Anordnung mit den beiden nicht in **Fig.** 8 dargestellten Leistungsventilen L1b und L2b verschalten ist.

[0052] Besagte Leistungsventile L1a und L2b können also – je nach Schaltzustand – den ihnen jeweils zugeordneten Arbeitsausgang wahlweise mit dem Druckluftanschluss verbinden oder von diesem trennen. Die beiden weiteren Leistungsventile L1b und L2a sind demgegenüber an den Entlüftungsanschluss **20** angeschlossen, können also den ihnen jeweils zugeordneten Arbeitsausgang wahlweise mit der Entlüftung verbinden oder von dieser trennen.

[0053] Darüber hinaus wird die am Druckluftanschluss **18** bereitgestellte Druckluft, die für übliche pneumatische Anwendungen beispielsweise einen pneumatischen Druck von 6 bar aufweisen kann, über die Kanalstruktur **22**, **23**, **24** in welcher noch ein Druckregler **25** verbaut ist, außerdem dem Drucklufteingang **26** des ersten Pilotventils P1 zugeführt. Analog wird auch der – nicht dargestellte – Drucklufteingang des zweiten Pilotventils P2 mit der via Druckluftanschluss **18** und Druckregler **25** bereitgestellten Druckluft versorgt.

[0054] An dem einzigen Druckluftanschluss **18** der Ventilgruppe **1** sind somit gleichzeitig die zwei in **Fig.** 7 dargestellten Leistungsventile L1a, L2b und (über den zwischengeschalteten Druckregler **25**) die zwei Pilotventile P1 und P2 angeschlossen.

[0055] Die beiden Pilotventile P1, P2 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Erfindung als besonders schnell und präzise schaltbare piezoelektrische Ventile mit einem Piezo-Biegewandler **27**, **28** ausgestaltet, dessen freies Ende (mittels einer elektrischen Spannung) gemäß Doppelpfeil P (vgl. **Fig.** 7) derart verschwenkt werden kann, dass der Drucklufteingang **26** des jeweiligen Pilotventils P1, P2 bzw. die Entlüftungsöffnung **16**, **17** des jeweiligen Pilotventils P1, P2 wahlweise verschlossen oder freigegeben werden kann, wodurch der am Pilotstufengehäuse **3** vorgesehene Ausgang **14**, **15** des jeweiligen Pilotventils P1, P2, welcher in je einen der beiden Steuerbereiche S1, S2 mündet, zum Schalten der zugeordneten Leistungsventile L1a, L1b bzw. L2a, L2b wahlweise entlüftet oder mit Druckluft versorgt werden kann.

[0056] Das in **Fig.** 7 rechts dargestellte Leistungsventil L1a und das in den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 nicht dargestellte Leistungsventil L1b, welche beide dem in **Fig.** 7 dargestellten Pilotventil P1 zugeordnet sind und von diesem geschalten werden, sind beide als "normal geschlossene" Ventile ausgestaltet, d.h. sie trennen im ungeschalteten Zustand (d.h. bei entlüftetem Steuerdruckbereich S1) den Drucklufteingang **18** (Ventil L1a) bzw. die Entlüftung (Ventil L1b) von dem dem jeweiligen Ventil zugeordneten Arbeitsausgang **19** bzw. **21**.

[0057] Demgegenüber sind das in **Fig.** 7 links dargestellte Leistungsventil L2b und das in **Fig.** 8 rechts dargestellte Leistungsventil L2a als "normal offene" Ventile ausgestaltet, d.h. sie erlauben im ungeschalteten Zustand (d.h. bei entlüftetem Steuerdruckbereich S2) eine Verbindung zwischen dem Druckluftanschluss (Ventil L2b) bzw. der Entlüftung **20** (Ventil L2a) und dem dem jeweiligen Ventil zugeordneten Arbeitsausgang **21** bzw. **19**.

[0058] Jedes Leistungsventil L1a, L1b, L2a, L2b weist vorliegend einen mittels einer Feder F in Richtung zu dem ihm zugeordneten Ansteuerbereich A1a, A1b, A2a, A2b vorgespannten und linear beweglich geführten Ventilkörper V1a, V1b, V2a, V2b auf, dessen ansteuerbereichseitige Oberseite mit der dort befindlichen Membran M gekoppelt ist. Wenn nun also mittels des jeweiligen Pilotventils P1, P2 der Steuerdruck in dem betreffenden Ansteuerbereich A1a, A1b, A2a, A2b über die Betätigungsschwelle erhöht wird, so wird der betreffende Ventilkörper zusammen mit der Membran aus seiner jeweiligen Grundstellung ausgelenkt.

[0059] Die "normal geschlossenen" Leistungsventile L1a and L1b (Letzteres ist nicht in den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 dargestellt) werden bei dieser Betätigung von einem Dichtsitz **29** abgehoben, woraufhin der dem jeweiligen Ventil zugeordnete Arbeitsausgang mit dem Druckluftanschluss bzw. dem Entlüftungsanschluss verbunden wird. Die "normal offenen" Leistungsventile L2a und L2b werden bei ihrer Betätigung aus ihrer Grundstellung gegen einen Dichtsitz **30**, **31** verschoben, so dass sie dann die zuvor noch gegebene Verbindung zwischen Entlüftungsanschluss und dem jeweiligen Arbeitsausgang sperren. An jedem Ventilkörper V1a, V1b, V2a, V2b der Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b ist vorliegend eine mit dem jeweiligen Dichtsitz **29**, **30**, **31** zusammenwirkende Dichtfläche **32**, **33**, **34** aus einem Elastomermaterial vorgesehen, mit welcher eine besonders geringe Leckage der Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b erreicht wird.

[0060] In den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 ist ferner gut zu erkennen, dass vorliegend die pilotstufengehäuseseitige Verbindung des jeweiligen Pilotventils P1, P2 mit dem ihm zugeordneten Steuerbereich S1, S2 durch die jeweilige Bohrung **14**, **15** in der Verteilerplatte **3b** besonders kurz ist, da die Pilotventile P1, P2 unmittelbar oberhalb der jeweiligen Einmündung in den Steuerdruckbereich S1, S2 angeordnet sind. Im gegebenen Beispiel mündet der Ausgang des ersten Pilotventils P1 in den Ansteuerbereich A1a des in **Fig.** 7 rechts und in **Fig.** 8 links dargestellten Leistungsventils L1a. Derjenige des zweiten Pilotventils P2 mündet in den Ansteuerbereich A2a des in **Fig.** 8 rechts dargestellten Leistungsventils L2b. Hierdurch ist eine asymmetrische Einmündung in den jeweiligen Steuerbereich S1, S2 gegeben.

[0061] Von dem jeweiligen Ansteuerbereich A1a bzw. A2a strömt die vom jeweiligen Pilotventil P1, P2

bei geeignetem Schaltzustand bereitgestellte Druckluft über je eine in dem betreffenden Steuerdruckbereich S1 bzw. S2 vorgesehene kanalartige Verbindung K1 bzw. K2 (vgl. **Fig.** 4), die seitlich durch das zwischen Pilotstufengehäuse **3** und Leistungsstufengehäuse **4** angeordnete Dichtglied D1 bzw. D2 begrenzt ist, zu dem jeweils zweiten Ansteuerbereich A1b bzw. A2b des betreffenden Steuerdruckbereichs S1 bzw. S2 weiter. Der durch die konkrete Form dieser kanalartigen Verbindung K1, K2 in einfacher Weise definiert vorgegebbare Strömungsquerschnitt und die hierdurch einstellbare Drosselwirkung erlauben dann eine einfache und gezielte Abstimmung der Schaltzeiten der jeweiligen Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b.

[0062] Die **Fig.** 9a und **Fig.** 9b zeigen jeweils einen Querschnitt durch die kanalartige Verbindung K2 aus **Fig.** 4 gemäß dortiger Schnittlinie C-C in zwei verschiedenen Ausführungsvarianten. Die kanalartige Verbindung K2 gemäß den Ausführungsbeispielen der **Fig.** 9a und **Fig.** 9b wird, wie bereits mehrfach erläutert, nach unten durch die Membran M und nach oben durch die Verteilerplatte **3b** begrenzt. Seitlich wird sie durch das Dichtglied D2 begrenzt, welches den gesamten Steuerdruckbereich S2 inklusive der beiden Ansteuerbereiche A2a, A2b seitlich umläuft (vgl. **Fig.** 4).

[0063] Bei der Variante gemäß **Fig.** 9a sind in der Verteilerplatte zwei Nuten **35**, **36** vorgesehen, die das als Schnurdichtung ausgeführte Dichtglied D2 (teilweise) aufnehmen, wobei in dem Bereich **37** zwischen den beiden Nuten **35**, **36** eine (als Steg längs der kanalartigen Verbindung verlaufende) Erhebung **38** vorgesehen ist. Durch Variation der Höhe dieser Erhebung, wie durch die Variante **38'** veranschaulicht, lassen sich somit auf einfache Weise der Strömungsquerschnitt der kanalartigen Verbindung K2 und damit die Schaltzeiten der zugeordneten Leistungsventile verändern. Bei einer aus Kunststoff in einem Spritzgussverfahren hergestellten Verteilerplatte **3b** können entsprechende Variationen auf einfache Weise durch einen entsprechend veränderbaren Werkzeugeinsatz in dem betreffenden Spritzgusswerkzeug realisiert werden, ohne dass hierfür neue Spritzgussformen benötigt werden.

[0064] Bei der Variante gemäß **Fig.** 9b wird einfach die Größe bzw. der Durchmesser des zwischen Verteilerplatte **3b** und Membran M verklemmten Dichtglieds D2 bzw. D2'variiert, womit ebenfalls in einfacher Weise der Strömungsquerschnitt der kanalartigen Verbindung variierbar ist.

[0065] **Fig.** 10 zeigt schließlich noch einen Pneumatikschaltplan eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Ventilgruppe **1**, bei welchem die von einer Druckluftversorgung **39** stammende Druckluft am Druckluftanschluss **18** der Ventilgruppe **1** angeschlossen ist. Diese Druckluft wird den beiden links übereinander dargestellten Leistungsventilen L1a und L2b sowie – über einen Druckregler **25** – den beiden elektrisch bzw. elektronisch ansteuerbaren Pilotventilen P1 und P2 zugeführt. Ferner ist ein Entlüftungsanschluss **20** vorgesehen, an den die beiden verbleibenden Leistungsventile L2a und L1b angeschlossen sind, wobei vorliegend – in geringfügiger Abwandlung zum vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiel der Erfindung – auch die Pilotventile P1 und P2 mit dem gemeinsamen Entlüftungsanschluss **20** gekoppelt sind. Die Ausgänge von je zwei Leistungsventilen L1a, L2a und L2b, L1b sind jeweils fluidleitend verbunden und bilden einen ersten Arbeitsausgang **19** und einen zweiten Arbeitsausgang **21** der erfindungsgemäßen Ventilgruppe **1**.

[0066] Dabei ist der erste Arbeitsausgang **19** mit einer ersten Antriebskammer **40** und der zweite Arbeitsausgang **21** mit einer zweiten Antriebskammer **41** eines mittels der Ventilgruppe **1** zu betätigenden pneumatischen Antriebs bzw. Arbeitsglieds **42** verbunden.

[0067] Die pneumatische Verbindung der Pilotventile P1, P2 mit den von diesen jeweils geschalteten Leistungsventilen L1a, L1b bzw. L2a, L2b erfolgt im gegebenen Beispiel dadurch, dass der jeweilige Ausgang des Pilotventils P1, P2 zunächst in einen einem ersten Leistungsventil L1a, L2a zugeordneten Ansteuerbereich A1a bzw. A2a mündet, wobei die Druckluft von dort über eine (eine Drosselwirkung erzeugende) erfindungsgemäß ausgestaltete kanalartige Verbindung K1 bzw. K2 zum Ansteuerbereich A2a bzw. A2b des zweiten von dem betreffenden Pilotventil P1, P2 geschalteten Leistungsventils L1b bzw. L2b führt.

[0068] In der Grundstellung, dem sog. Fail-Safe-Zustand, wird durch die konkrete Anordnung der vier Leistungsventile L1a, L1b, L2a, L2b die Antriebskammer **40** entlüftet und die Antriebskammer **41** belüftet. Diese Stellung unterscheidet sich von der Normalstellung des Ventils im Betrieb. In diesem wird der Antrieb **42** zunächst durch eine geeignete Ansteuerung der Pilotventile P1, P2 an seine Sollposition gefahren. Anschließend wird ein Haltezustand eingestellt, bei dem das Pilotventil P1 im Normalzustand verbleibt und das Pilotventil P2 geschaltet ist. Dadurch befinden sich die Ventile L1a und L1b in ihrer Normalstellung, die Ventile L2a und L2b in ihrer geschalteten Stellung.

[0069] Der Aufbau der Leistungsventile ist dabei so gestaltet, dass der jeweils am dortigen Eingang anliegende Druck rückstellend auf das Ventil wirkt. Für die Ventile L1a und L2b ist dieser Druck jeweils der Versorgungsdruck, also beispielsweise 6 bar. Für die Ventile L2a und L1b ist dieser Druck der jeweils im

Antrieb herrschende Kammerdruck, der zwischen 0 und 6 bar liegen kann.

[0070] Aus regelungstechnischer Sicht ist es in diesem Anwendungsfall vorteilhaft, wenn alle Leistungsventile die gleichen Schaltzeiten aufweisen. D.h. eine Änderung des Schaltzustands der Pilotventile soll bevorzugt eine gleich schnelle Änderung des Schaltzustands an allen vier Leistungsventilen bewirken. Insbesondere soll vorteilhaft die Änderung des Schaltzustands der Leistungsventile L1a und L1b gleich schnell erfolgen, wie auch diejenige der Leistungsventile L2a und L2b.

[0071] Hier wirkt sich, wenn nicht im erfindungsgemäßen Sinne in einfacher Weise Einfluss auf die Schaltzeiten der verschiedenen Ventile genommen werden kann, die Konstruktion der Leistungsventile negativ aus, was hier beispielhaft an den Leistungsventilen L1a und L1b erläutert werden soll. Im Normalzustand während des Betriebs wirkt auf das Ventil L1a unterstützend der Versorgungsdruck. Um dieses Ventil also zu betätigen, muss sowohl die hierdurch hervorgerufene Kraft als auch diejenige der rückstellend wirkenden Feder F überwunden werden. Auf das Ventil L1b wirkt hingegen eine typischerweise geringere Kraft, nämlich nur die Federkraft sowie die durch den Kammerdruck erzeugte Kraft. Entsprechend wird dieses Ventil normalerweise bereits bei einem geringeren Druck betätigt. Um diese Diskrepanz anzugleichen ist es daher vorteilhaft, in erfindungsgemäßer Weise einen Steuerdruckbereich zu realisieren, bei dem eine kanalartige Verbindung mit definiertem Strömungsquerschnitt zwischen zwei (verschiedenen Leistungsventilen zugeordneten) Ansteuerbereichen vorgesehen. Hiermit lässt sich nämlich beispielsweise für die pneumatische Betätigung des Leistungsventils L1b eine Drosselwirkung erzeugen. Diese verzögert den Druckanstieg in dem dem Leistungsventil L1b zugeordneten Ansteuerbereich A1b gegenüber dem Druckanstieg in dem dem Leistungsventil L1a zugeordneten Ansteuerbereich A1a. Entsprechend führt diese Maßnahme zu einer Angleichung der Schaltzeiten.

[0072] Im Falle der Ventile L2a und L2b stellt sich das Verhalten im gegebenen Ausführungsbeispiel wie folgt dar. Beide Ventile sind im normalen Betriebszustand geschaltet. Auf das Ventil L2a wirken in diesem Schaltzustand sowohl der Kammerdruck als die Federrückstellung entgegen. Auf das Ventil L2b wirken hingegen der volle Versorgungsdruck sowie die Federrückstellung. Entsprechend schaltet erneut das Ventil L2b bereits bei einem geringeren Druckabfall in dem ihm zugeordneten Ansteuerbereich, da hier eine größere Gegenkraft rückstellend wirkt. Auch dort kann somit durch eine zeitliche Verzögerung des Druckabfalls mittels der erfindungsgemäß auf einfache Weise erzeugbaren Drossel eine Angleichung der Schaltzeiten erreicht werden.

[0073] Eine erfindungsgemäße Ventilgruppe weist insgesamt eine hohe Flexibilität auf, um die Schaltzeiten der verschiedenen Leistungsventile dem jeweils gegebenen Anwendungsfall anzupassen.

Patentansprüche

1. Elektropneumatische Ventilgruppe (**1**), insbesondere zur Betätigung eines pneumatischen Arbeitsgliedes (**42**), umfassend eine elektropneumatische Pilotstufe mit mindestens einem Pilotventil (P1, P2) und eine von der Pilotstufe angesteuerte pneumatische Leistungsstufe mit mindestens zwei Leistungsventilen (L1a, L1b, L2a, L2b), wobei jedes Pilotventil (P1, P2) mindestens zwei pneumatisch mit dem Pilotventil (P1, P2) gekoppelte Leistungsventile (L1a, L1b; L2a, L2b) schaltet und wobei die Ventilgruppe (**1**) ein Gehäuse (**2**) mit einem elektrischen Signaleingang (**7**), einem Druckluftanschluss (**18**), wenigstens einem Entlüftungsanschluss (**20**) und wenigstens einem Arbeitsausgang (**19**, **21**) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gehäuse (**2**) schichtartig aufgebaut ist mit mindestens einem Pilotstufengehäuse (**3**) und mindestens einem entlang einer im Wesentlichen ebenen Trennfläche (T) an diesem angeschlossenen Leistungsstufengehäuse (**4**),
wobei zwischen dem mindestens einen Pilotstufengehäuse (**3**) und dem mindestens einen Leistungsstufengehäuse (**4**) mindestens ein Dichtglied (D1, D2) aufgenommen oder ausgebildet ist, das einen zwischen Pilotstufengehäuse (**3**) und Leistungsstufengehäuse (**4**) angeordneten Steuerdruckbereich (S1, S2) umschließt, wobei der Steuerdruckbereich (S1, S1) zwei Ansteuerbereiche (A1a, A1b; A2a, A2b) für zwei Leistungsventile (L1a, L1b; L2a, L2b) und eine kanalartige Verbindung (K1; K2) mit definiertem Strömungsquerschnitt zwischen den zwei Ansteuerbereichen (A1a, A1b; A2a, A2b) aufweist, und wobei ein in dem Pilotstufengehäuse (**3**) vorgesehener Ausgang (**14**, **15**) des zugeordneten Pilotventils (P1, P2) in den Steuerdruckbereich (S1, S2) mündet.

2. Ventilgruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Ausgang (**14**, **15**) des Pilotventils (P1, P2) in asymmetrischer Anordnung in den Steuerdruckbereich (S1, S2) mündet.

3. Ventilgruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Ausgang (**14**, **15**) des Pilotventils (P1, P2) in einen der Ansteuerbereiche (A1a, A1b; A2a, A2b) des dem Pilotventil(P1, P2) zugeordneten Steuerdruckbereichs (S1, S2) mündet.

4. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass das wenigstens eine Dichtglied (D1, D2) als geschlossene Schnurdichtung ausgeführt ist, die den Steuerdruckbereich (S1, S2) seitlich umläuft.

5. Ventilgruppe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass die dem Leistungsstufengehäuse (**4**) zugewandte Oberfläche des Pilotstufengehäuses (**3**) Nuten (**35**, **36**) zur Aufnahme der Schnurdichtung aufweist.

6. Ventilgruppe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass an der dem Leistungsstufengehäuse (**4**) zugewandten Oberfläche des Pilotstufengehäuses (**3**), insbesondere zwischen zwei einander benachbarten Nuten (**35**, **36**), Erhebungen (**38**, **38'**) ausgebildet sind.

7. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass die dem Leistungsstufengehäuse (**4**) zugewandte Oberfläche des Pilotstufengehäuses (**3**) auf einer Verteilerplatte (**3b**) ausgeführt ist, welche zusammen mit einem Basiskörper (**3a**) das Pilotstufengehäuse (**3**) bildet.

8. Ventilgruppe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass in dem Pilotstufengehäuse (**3**) mindestens ein piezoelektrisches Pilotventil (P1, P2) aufgenommen ist.

9. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Druckluftversorgung des mindestens einen Pilotventils (P1, P2) durch die Trennfläche (T) hindurch geführt ist.

10. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass in dem Pilotstufen- und/oder Leistungsstufengehäuse (**3** bzw. **4**) ein Druckregler (**25**) für die Druckluftversorgung des wenigstens einen Pilotventils (P1, P2) integriert ist.

11. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass an der dem Pilotstufengehäuse (**3**) zugewandten Oberfläche des Leistungsstufengehäuses (**4**) eine Membran (M) angeordnet ist, welche auf ihrer dem Pilotstufengehäuse (**3**) zugewandten Seite den Steuerdruckbereich (S1; S2) begrenzt und welcher an ihrer gegenüberliegenden Seite Ventilkörper (V1a, V1b; V2a, V2b) der beiden zugeordneten Leistungsventile (L1a, L1b; L2a, L2b) anliegen.

12. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass genau zwei Pilotventile (P1, P2) und vier Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) vorgesehen sind, wobei von jedem Pilotventil über je einen Steuerdruckbereich zwei Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) angesteuert werden.

13. Ventilgruppe nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass die vier Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) in Draufsicht auf die Trennfläche (T) im Wesentlichen auf den Ecken eines Quadrats angeordnet sind, wobei jeweils die einander diametral gegenüberliegenden Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) miteinander gekoppelt sind.

14. Ventilgruppe nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet,** dass die beiden Steuerdruckbereiche (S1, S2) durch je ein Dichtglied (D1, D2) oder durch insgesamt ein Dichtglied umgrenzt sind.

15. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 12–14,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gehäuse (**2**) wenigstens vier pneumatische Anschlüsse aufweist in Form von
– zwei paarweise an die vier Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) angeschlossenen Arbeitsausgängen (**19**, **21**),
– einem an zwei der Leistungsventile (L1a, L2b) angeschlossenen Druckluftanschluss (**18**) und
– einer an die beiden anderen Leistungsventile (L1b, L2a) angeschlossenen Entlüftung (**20**).

16. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Leistungsstufengehäuse (**4**) zwei- oder dreiteilig ausgeführt ist.

17. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Leistungsventile (L1a, L1b, L2a, L2b) als gegen einen Dichtsitz (**30**, **31**) verschiebbare und/oder von einem Dichtsitz (**29**) abhebbare Sitzventile ausgeführt sind.

18. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Pilotstufengehäuse (**3**) und das Leistungsstufengehäuse (**4**) jeweils als Spritzgießteile aus Kunststoff ausgeführt sind.

19. Ventilgruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Leistungsstufengehäuse (**4**) einen separaten Gehäuseteil (**4c**) aufweist, welcher zumindest den Drucklufteingang (**18**) und die pneumatischen Arbeitsausgänge (**19**, **21**) aufweist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

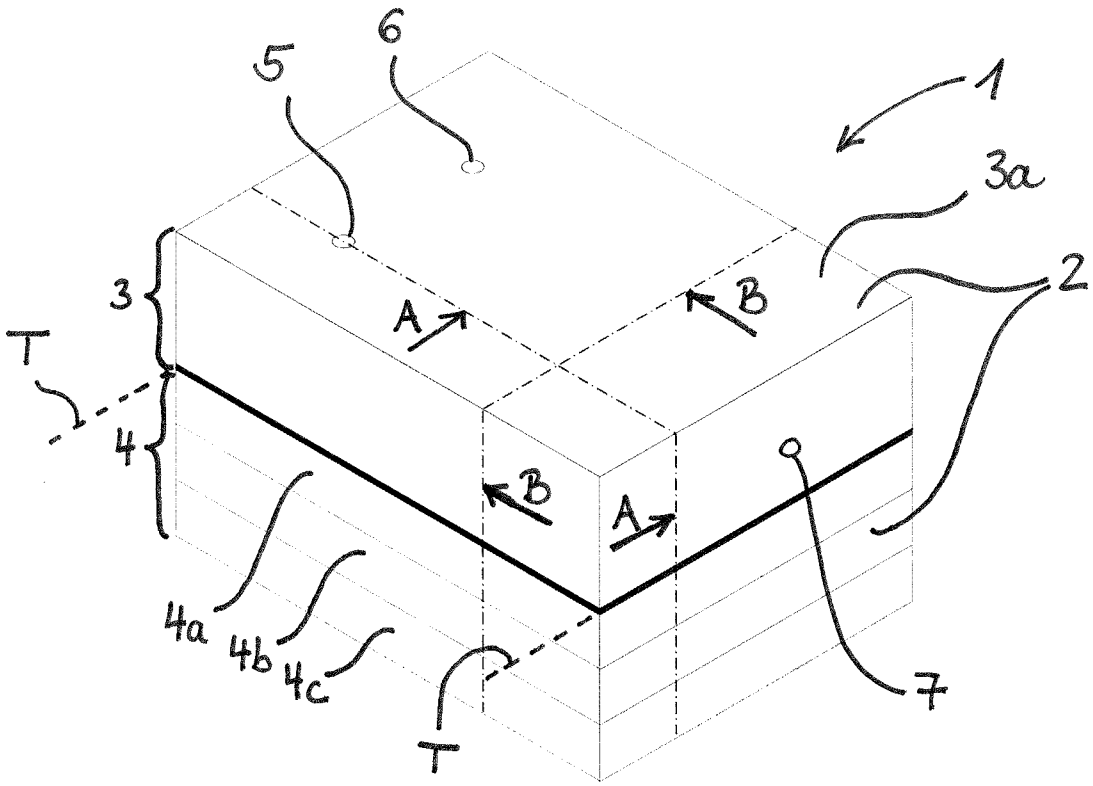


Fig. 1

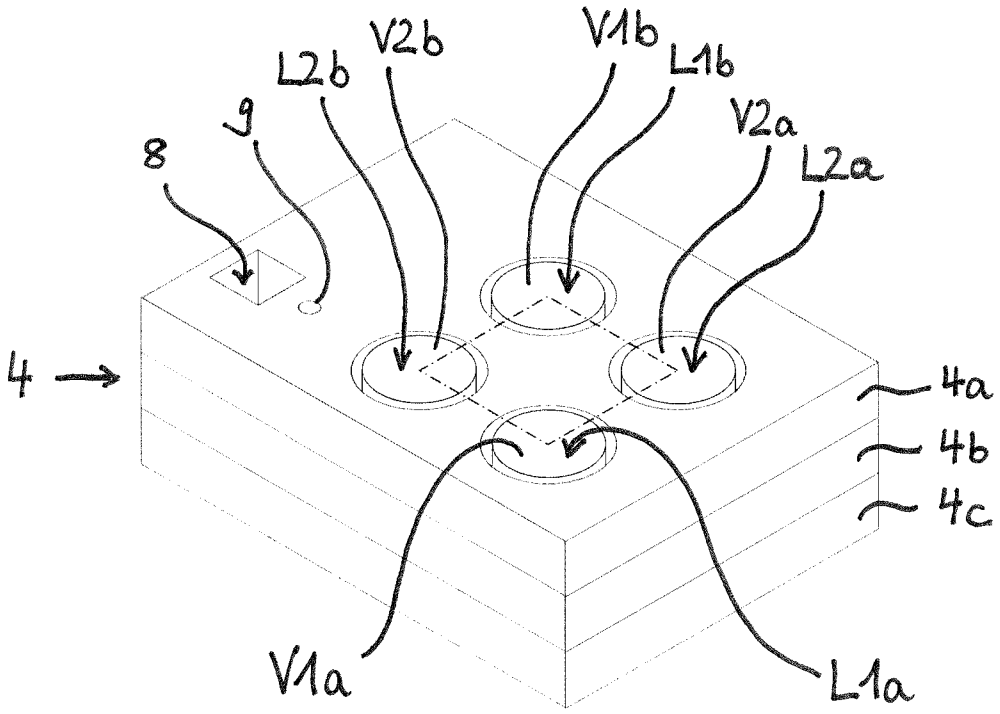


Fig. 2

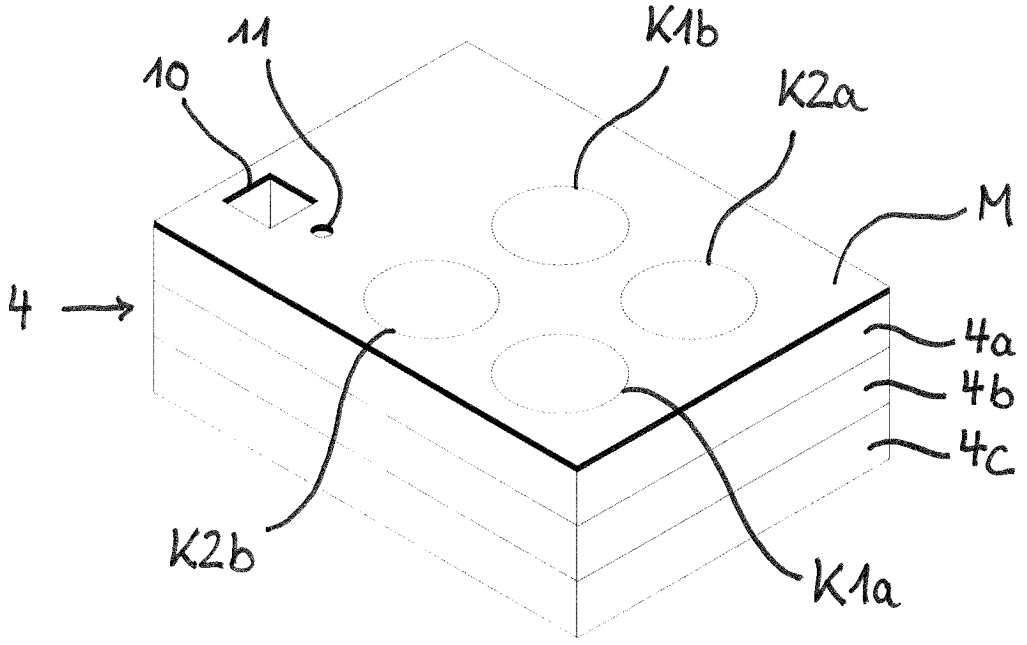

11
10
K1b
K2a
M
4
4a
4b
4c
K2b
K1a

Fig. 3

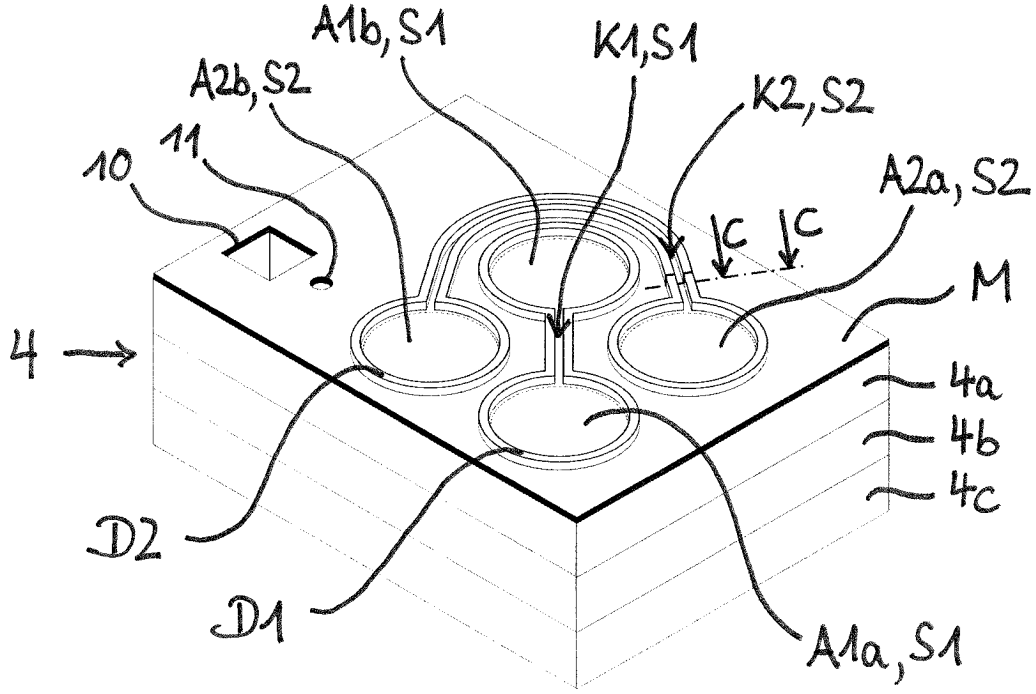

A1b, S1
K1, S1
A2b, S2
K2, S2
11
10
A2a, S2
IC
IC
M
4
4a
4b
4c
D2
D1
A1a, S1

Fig. 4

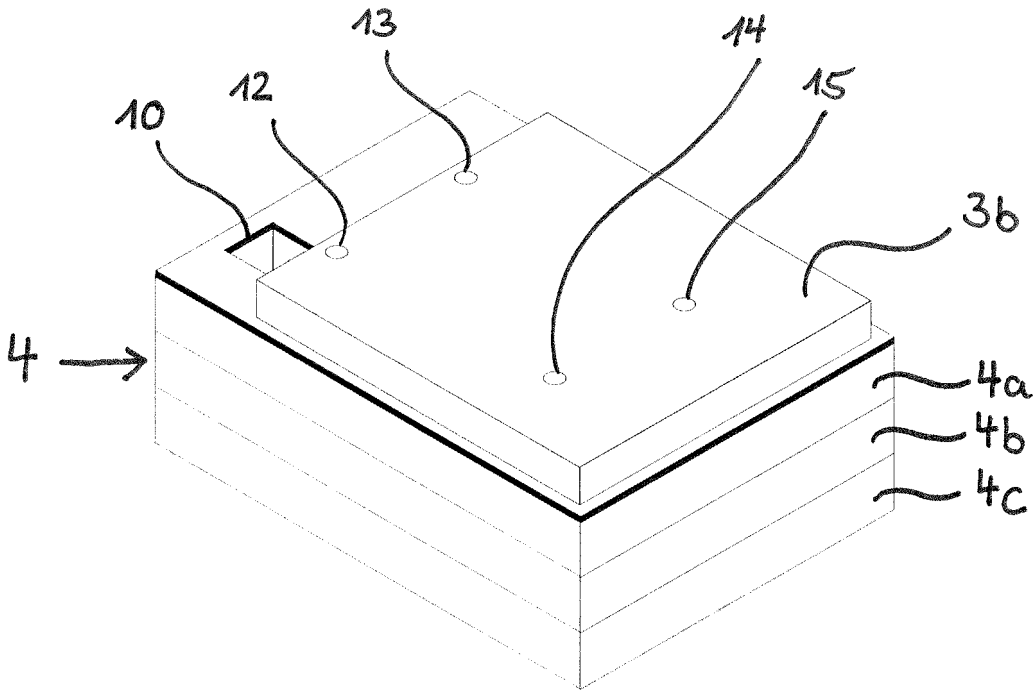


Fig. 5

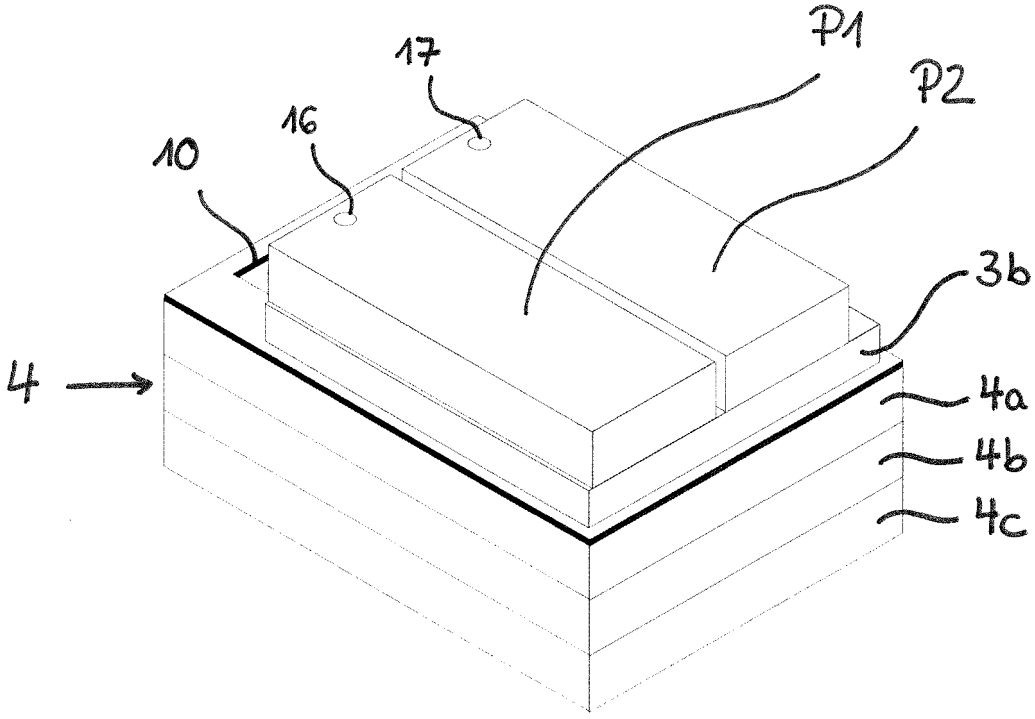


Fig. 6

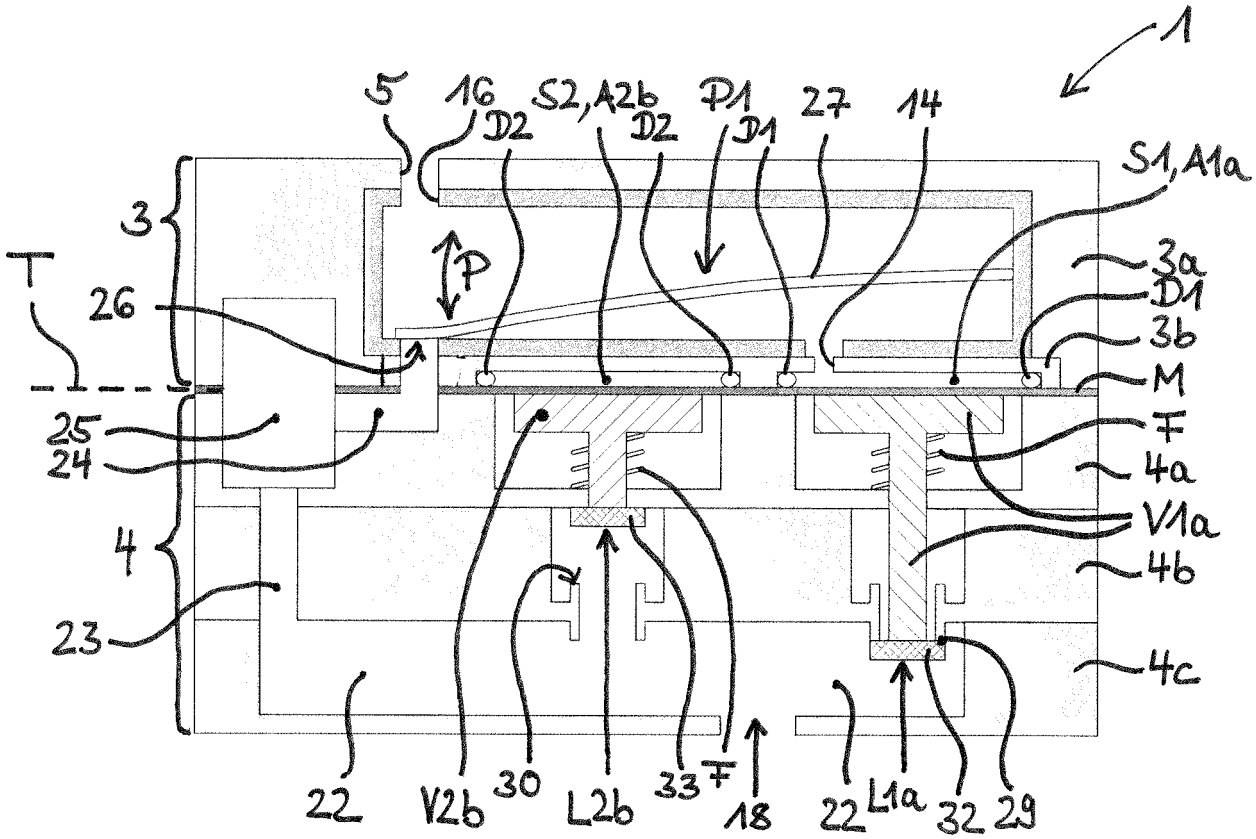

1
5
16
S2,A2b
D2
D2
P1
D1
27
14
S1,A1a
3
T
26
P
3a
D1
3b
M
F
25
24
4a
V1a
4
4b
23
4c
22
V2b
30
L2b
33
F
18
22
L1a
32
29

Fig. 7

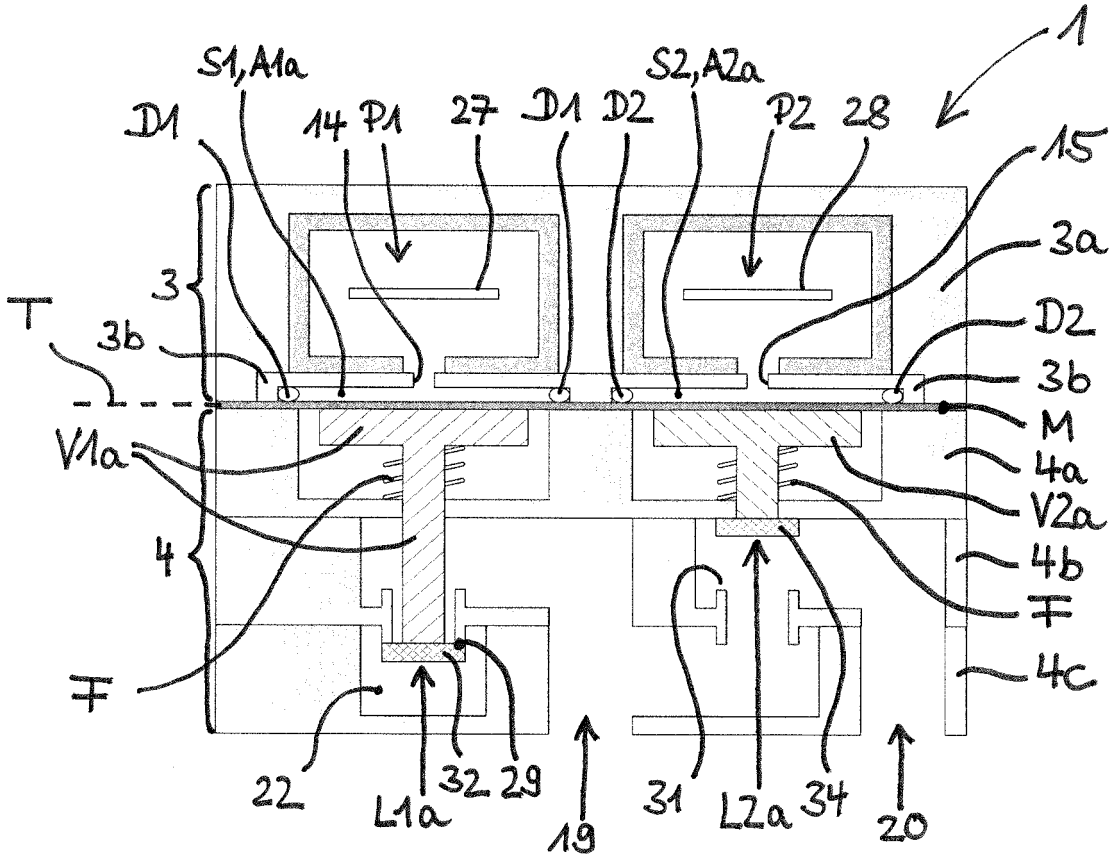

1
S1,A1a
S2,A2a
D1
14
P1
27
D1
D2
P2
28
15
3a
3
T
3b
D2
3b
M
V1a
4a
V2a
4
4b
F
F
4c
22
L1a
32
29
19
31
L2a
34
20

Fig. 8

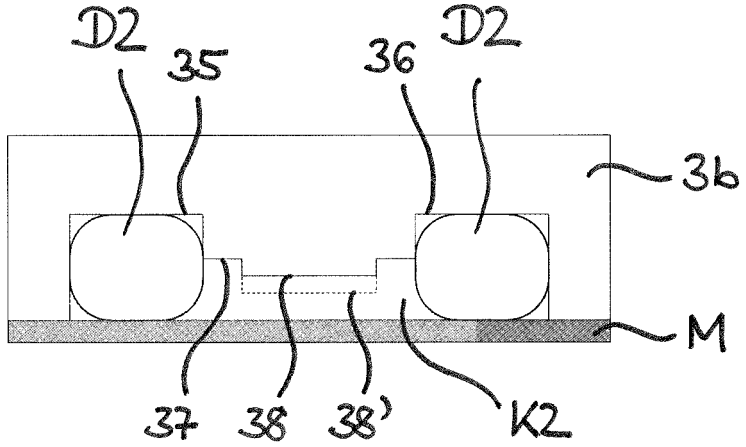


Fig. 9a

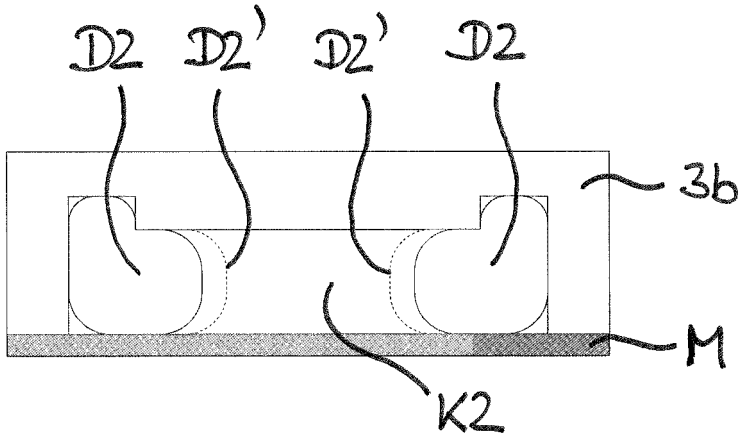


Fig. 9b

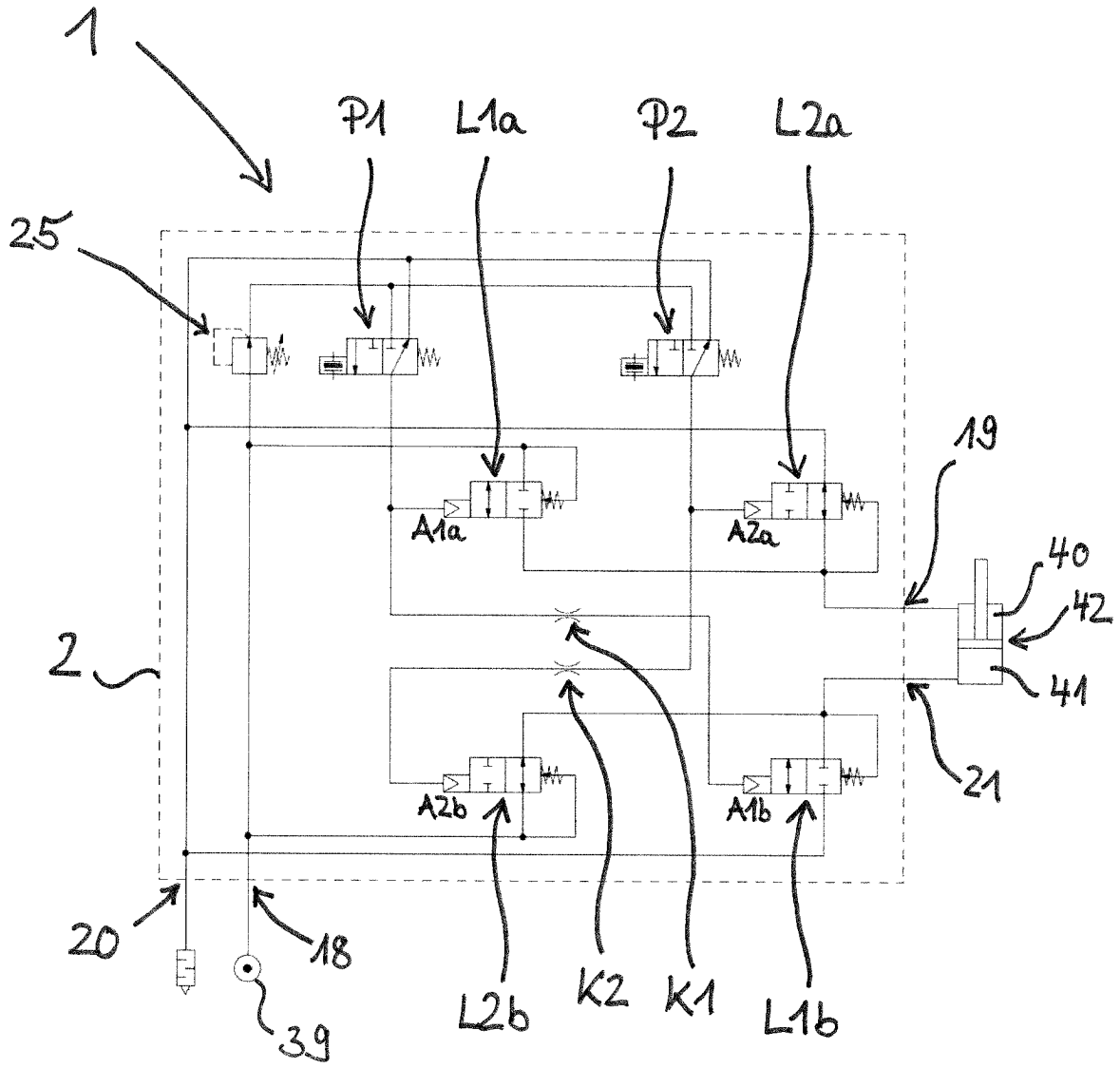

1
P1
L1a
P2
L2a
25
19
A1a
A2a
40
42
2
41
21
A2b
A1b
20
18
39
L2b
K2
K1
L1b

Fig. 10