

(19)



(11)

**EP 2 258 952 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.12.2010 Patentblatt 2010/49**

(51) Int Cl.:  
**F15B 13/04<sup>(2006.01)</sup> F15B 21/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **10005741.3**

(22) Anmeldetag: **02.06.2010**

(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 SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME RS**

(72) Erfinder:  
• **Schrobenhauser, Max**  
**86971 Peiting (DE)**  
• **Grödl, Marcus**  
**87640 Altdorf (DE)**

(30) Priorität: **03.06.2009 DE 102009023706**

(74) Vertreter: **Grättinger Möhring von Poschinger**  
**Patentanwälte Partnerschaft**  
**Wittelsbacherstrasse 5**  
**82319 Starnberg (DE)**

(71) Anmelder: **Hoerbiger Automatisierungstechnik Holding GmbH**  
**86956 Schongau (DE)**

**(54) Pneumatischer Stellungsregler mit piezopneumatischer Ventileinheit**

(57) Bei einem pneumatischen Stellungsregler (1) mit einem Arbeitsglied (3) und einer auf dieses wirkenden, zwei miteinander gekoppelte piezopneumatische Ventile (11, 12) umfassenden Ventileinheit (2) weist letztere einen Signaleingang (29) für ein elektrisches Steuersignal sowie einen an eine Druckgasversorgung anschließbaren Versorgungseingang (4), einen an das pneumatische Arbeitsglied (3) angeschlossenen Arbeitsausgang (5) und einen Entlüftungsausgang (6) für das Arbeitsmedium auf. Dabei weisen die Ventile (11, 12) jeweils ein Ventilgehäuse (31, 32) mit einem Aufnah-

mehohlraum (33, 34) und einen darin (31,32) dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz (13, 14) mit einer durchströmten Schalteinheit (15, 16) auf. Der Ventilsitz (40, 41) und der mit diesem zusammenwirkende Ventilkörper (21, 22) sind an der Schalteinheit (15, 16) vorgesehen. In dem Ventilgehäuse (31,32) angeordnete Strömungskanäle (35, 36, 37) münden dergestalt in den zugeordneten Aufnahmehohlraum (33, 34), dass bei identischem Ventilgehäuse (31, 32) durch Austausch des Ventileinsatzes (13, 14) unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils (11, 12) realisierbar sind.

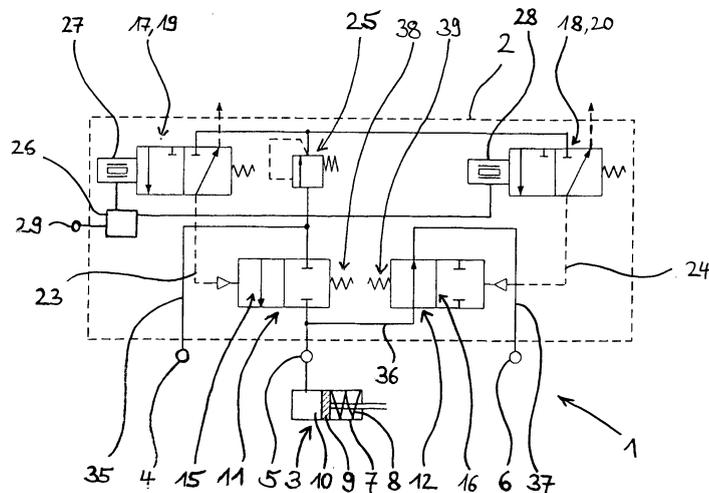


Fig. 1

**EP 2 258 952 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine piezopneumatische Ventileinheit sowie einen pneumatischen Stellungsregler mit einem pneumatischen Arbeitsglied und einer auf dieses wirkenden piezopneumatischen Ventileinheit, welche zwei miteinander pneumatisch gekoppelte piezopneumatische Ventile umfasst, wobei die Ventileinheit einen Signaleingang für ein elektrisches Steuersignal sowie einen an eine Druckgasversorgung anschließbaren Versorgungseingang, einen an das pneumatische Arbeitsglied angeschlossenen Arbeitsausgang und einen Entlüftungsausgang für das Arbeitsmedium (z.B. Luft) aufweist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Einstellung bzw. Abänderung des Fail-Safe-Verhaltens eines solchen pneumatischen Stellungsreglers bzw. einer solchen piezopneumatischen Ventileinheit.

**[0002]** Solche Stellungsregler dienen in vorteilhafter Weise zur Verschiebung oder Verschwenkung eines mit dem Arbeitsglied verbundenen Stellglieds, um hierdurch z.B. eine Ventil- oder Klappenstellung zu regeln.

**[0003]** Gattungsgemäße Stellungsregler sind in der Regel so aufgebaut, dass das Arbeitsglied bei einem Ausfall der elektrischen (Hilfs-)Energie in eine ausgewählte Endlage verfahren wird, wobei die Endlage des Arbeitsglieds durch die konstruktiv vorgegebene strömungstechnische Verschaltung der Ventile und deren Aufbau definiert ist. Stellungsregler mit unterschiedlichem Fail-Safe-Verhalten sind daher insgesamt durch einen unterschiedlichen konstruktiven Aufbau gekennzeichnet. Dies erweist sich insbesondere dann als aufwendig bzw. problematisch, wenn in einem Produktsortiment mehrere Stellungsregler der eingangs genannten Art mit verschiedenem Fail-Safe-Verhalten angeboten werden sollen oder wenn das Fail-Safe-Verhalten eines bestimmten Stellungsreglers abgeändert werden soll.

**[0004]** Aus der EP 0 822 344 A2 ist ein gattungsgemäßer Stellungsregler der eingangs genannten Art mit zwei pneumatisch gekoppelten piezopneumatischen Ventilen bekannt, bei dem ein zusätzliches, den beiden piezopneumatischen Ventilen ausgangsseitig nachgeschaltetes und dem pneumatischen Arbeitsglied vorgeschaltetes Verblockventil vorgesehen ist, mit welchem im Sinne eines definierten Fail-Safe-Verhaltens die Arbeitskammer des Arbeitsgliedes bei Ausfall einer elektrischen Hilfsenergie verschlossen werden kann, so dass das Arbeitsglied in diesem Fall in seiner letzten Stellung verbleibt. Auch dieser Stellungsregler, der in nachteiliger Art auf ein zusätzliches Verblockventil angewiesen ist, erlaubt wiederum nur ein bestimmtes, vordefiniertes Fail-Safe-Verhalten des dargestellten Stellungsreglers.

**[0005]** Ferner ist aus dem US-Patent US 5,362,141 ein nicht für pneumatische Anwendungen geeignetes Hydraulikventil bekannt, bei welchem zwei verschiedene funktionsspezifische Ventileinsätze unter Anwendung einer irreversiblen "Memory-Shape-Funktion", also nicht austauschbar, in ein Ventilgehäuse eingesetzt sind.

**[0006]** Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Stellungsregler bzw. eine piezopneumatische Ventileinheit der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass er bzw. sie auf möglichst einfache und kostengünstige Art und Weise an ein spezielles Fail-Safe-Verhalten anpassbar ist. Entsprechend soll mit der vorliegenden Erfindung ein auf möglichst einfache und kostengünstige Weise durchführbares Verfahren zur Einstellung bzw. Abänderung des Fail-Safe-Verhaltens eines solchen pneumatischen Stellungsreglers bzw. einer solchen piezopneumatischen Ventileinheit bereitgestellt werden.

**[0007]** Diese Aufgabe wird bei einem pneumatischen Stellungsregler der eingangs genannten Art durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.

**[0008]** Dabei ist - neben den bereits eingangs genannten Merkmalen - erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Ventile jeweils ein Ventilgehäuse und einen in einen Aufnahmehohlraum des betreffenden Ventilgehäuses dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz mit einer durchströmten Schalteinheit aufweisen, wobei der Ventilsitz und der mit diesem zusammenwirkende, mittels eines Verstellantriebs verstellbare Ventilkörper an der Schalteinheit des Ventileinsatzes vorgesehen sind und wobei in dem Ventilgehäuse angeordnete Strömungskanäle dergestalt in den zugeordneten Aufnahmehohlraum münden, dass bei identischem Ventilgehäuse durch Austausch des Ventileinsatzes unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils realisierbar sind.

**[0009]** Im erfindungsgemäßen Sinne ist unter unterschiedlichen Funktionscharakteristiken also insbesondere ein unterschiedliches Fail-Safe-Verhalten des betreffenden Ventils, z.B. im Sinne eines vordefinierten Schaltzustands des Ventils, der sich bei Ausfall der elektrischen Energie oder bei Druckabfall am Versorgungseingang des Stellungsreglers einstellt, zu verstehen.

**[0010]** Zwei erfindungsgemäße pneumatische Stellungsregler mit verschiedenen Fail-Safe-Verhalten unterscheiden sich somit ausschließlich dadurch, dass wenigstens einer der Aufnahmehohlräume der beiden Ventilgehäuse des einen Stellungsreglers - gegenüber dem betreffenden Aufnahmehohlraum des anderen Stellungsreglers - mit einem unterschiedlichen funktionsspezifischen Ventileinsatz bestückt ist, was durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Stellungsreglers erst ermöglicht wird.

**[0011]** Insoweit ist zur möglichst einfachen Erzielung des gewünschten Erfolges also von Bedeutung, dass die funktionsspezifischen Ventileinsätze derart in den Aufnahmehohlraum des betreffenden Ventils einsetzbar sind, dass sie jeweils durch einen anderen funktionsspezifischen Ventileinsatz austauschbar sind. Jeder Ventileinsatz weist dabei zumindest eine - den Ventilsitz und den Ventilkörper des jeweiligen Ventils umfassende bzw. beinhaltende - Schalteinheit auf, deren Strömungsanschlüsse bei bestimmungsgemäßer Montage in einem Aufnahmehohlraum des Ventilgehäuses mit in den Aufnahmehohlraum mündenden Strömungskanälen des Ventilgehäuses verbunden sind. Verschiedene funk-

tionsspezifische Ventileinsätze sind daher vorteilhaft durch eine unterschiedliche Verschaltung von Strömungskanälen innerhalb der Schalteinheit bzw. eine unterschiedlichen Anordnung bzw. Lage von Ventilkörper und Ventilsitz gekennzeichnet. Ferner ist im Sinne der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass die von jedem Ventilgehäuse ausgebildeten Aufnahmekammern, die darin mündenden Strömungskanäle sowie verschiedene funktionsspezifische Ventileinsätze derart aneinander angepasst sind, dass zur Erzielung einer unterschiedlichen Funktionscharakteristik des betreffenden Ventils in jedem Aufnahmekammer verschiedene funktionsspezifische Ventileinsätze dichtend aufgenommen werden können.

**[0012]** Die Ventilgehäuse beider Ventile sind zusammen mit den in ihren Aufnahmekammer mündenden Strömungskanälen bevorzugt insoweit identisch aufgebaut, dass ein funktionsspezifischer Ventileinsatz gleichermaßen in jedem der beiden Ventilgehäuse verwendbar ist. Die in beiden Ventilgehäusen vorgesehenen Strömungskanäle münden also bevorzugt jeweils an gleicher Stelle in einen für beide Ventile identisch ausgestalteten Aufnahmekammer. Durch bloßen Austausch eines ersten funktionsspezifischen Ventileinsatzes durch einen zweiten funktionsspezifischen Ventileinsatz (anderer Bauart bzw. Funktion) lässt sich damit die Funktionscharakteristik des betreffenden Ventils und hierüber im Ergebnis das Fail-Safe-Verhalten des gesamten Stellungsreglers auf einfache Weise einstellen bzw. abändern.

**[0013]** Vorteilhaft kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass ein erfindungsgemäßer Stellungsregler zwei verschiedene - je eine andere Funktionscharakteristik für das damit bestückte Ventil definierende - funktionsspezifische Ventileinsätze aufweist, die in einer ersten Einbau-Konfiguration (Ventileinsatz A in Ventil I; Ventileinsatz B in Ventil II) ein erstes Fail-Safe-Verhalten des Stellungsreglers definieren, während sie in der zweiten möglichen Einbau-Konfiguration (Ventileinsatz B in Ventil I; Ventileinsatz A in Ventil II) ein zweites Fail-Safe-Verhalten für den Stellungsregler definieren, welches sich vom ersten Fail-Safe-Verhalten unterscheidet. Die beiden genannten Einbau-Konfigurationen unterscheiden sich dabei lediglich durch eine Vertauschung der beiden funktionsspezifischen Ventileinsätze.

**[0014]** Mit der vorliegenden Erfindung wird jedoch nicht nur die Umrüstung eines bestehenden Stellungsreglers im Hinblick auf ein geändertes Fail-Safe-Verhalten erleichtert, sondern es wird auch im Falle der Herstellung eines erfindungsgemäßen Stellungsreglers, also im Falle der Erstbestückung der betreffenden Aufnahmekammern mit funktionsspezifischen Ventileinsätzen, eine besonders einfache Anpassung des Stellungsreglers an den gewünschten Einsatzzweck erlaubt. Eine mit der vorliegenden Erfindung realisierbare Baureihe von Stellungsreglern mit verschiedenem Fail-Safe-Verhalten ist daher durch einen - mit Ausnahme der Ventileinsätze - identischen Aufbau aller Stellungsregler der Baureihe gekennzeichnet.

**[0015]** Bei den verschiedenen Funktionscharakteristiken der beteiligten Ventile, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung durch verschiedene in das Gehäuse einzusetzende Ventileinsätze realisiert werden, handelt es sich in besonders vorteilhafter Weise um eine erste Funktionscharakteristik, bei der das betreffende Ventil im Falle eines Energieausfalls selbsttätig in seine Schließstellung überführt wird (z.B. durch eine den Ventilkörper in Richtung des Ventilsitzes vorspannende Feder), und eine zweite Funktionscharakteristik, bei der das betreffende Ventil im Falle eines Energieausfalls selbsttätig in seine Öffnungsstellung überführt wird (z.B. durch eine den Ventilkörper in seine vom Ventilsitz beabstandete Öffnungsstellung vorspannende Feder). Es werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung also besonders bevorzugt wenigstens zwei verschiedene funktionsspezifische Ventileinsätze bereitgestellt, die gleichermaßen in die Aufnahmekammern der Ventilgehäuse beider Ventile einsetzbar sind und durch die funktionsspezifisch angepasste Ausgestaltung ihrer Schalteinheit die vorstehend erwähnte Funktionalität bereitstellen.

**[0016]** Die zwei piezopneumatischen Ventile eines erfindungsgemäßen Stellungsreglers werden mittels geeigneter elektrischer Stellensignale auf piezoelektrische Weise separat betätigt, wodurch gleichzeitig ein möglichst energieeffizienter Betrieb des Stellungsreglers sichergestellt ist. Insoweit werden aus dem am Signaleingang des Stellungsreglers eingehenden elektrischen Steuersignal unter Zuhilfenahme einer an eine Energieversorgung angeschlossenen Steuer- bzw. Regelelektronik (z.B. eines Mikrocontrollers) auf geeignete und bekannte Weise zwei verschiedene Stellensignale für die beiden Verstellantriebe der beiden piezopneumatischen Ventile berechnet und entsprechend bereit gestellt.

**[0017]** Bezüglich des konkreten Aufbaus der piezopneumatischen Ventile sei auf die insoweit aus dem Stand der Technik bekannten Arten piezopneumatischer Ventile verwiesen, wobei im Rahmen der vorliegenden Erfindung in einer ersten bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen ist, dass der Verstellantrieb in Form einer piezopneumatischen Vorstufe, also in Form eines piezopneumatischen Pilotventils, welches mittelbar oder unmittelbar auf den Ventilkörper einer nachgeschalteten Ventilstufe einwirkt, ausgeführt ist.

**[0018]** Damit sind die (wenigstens) zwei Ventile eines erfindungsgemäßen Stellungsreglers in Art eines zweistufigen Ventils ausgebildet, bei dem das als Vorstufe dienende und piezoelektrisch betätigbare Pilotventil, welches seinerseits mit einer Druckgasversorgung verbunden ist, als (pneumatischer) Verstellantrieb für den Ventilkörper einer nachgeschalteten Booster-Stufe (BoosterVentil) fungiert.

**[0019]** Pilotventil und Boosterventil können bevorzugt an die gleiche, am Versorgungseingang des Stellungsreglers anliegende Druckgasversorgung angeschlossen sein, wobei dem Pilotventil bevorzugt ein Druckbegrenzer vorgeschaltet ist, so dass etwaige Schwankungen des Drucks in der Druckgasversorgung keinen oder einen deutlich verminderten Einfluss auf die Stell- bzw. Antriebsfunktion des Pilotventils haben. Der in den Aufnahmekammer des Ventilgehäuses

eingesetzte Ventileinsatz umfasst somit die Schalteinheit des (Booster-)Ventils, dessen Ventilkörper durch das als Vorstufe fungierende piezopneumatische Pilotventil verstellt wird.

**[0020]** Ferner sei darauf hingewiesen, dass das pneumatische Arbeitsglied eines erfindungsgemäßen Stellungsreglers Teil eines "einfach wirkenden" Systems mit einer - an den Arbeitsausgang der piezopneumatischen Ventileinheit angeschlossenen - Arbeitskammer sein kann. Das Arbeitsglied wird hierbei bevorzugt mittels einer Druckbeaufschlagung der Arbeitskammer gegen die Kraft einer Feder verschoben. Die erfindungsgemäße Ventileinheit bildet in diesem Fall ein 3/3-Wegesystem und weist hierfür zwei pneumatisch gekoppelte Ventile auf.

**[0021]** Gleichfalls kommt für die vorliegende Erfindung jedoch in Betracht, dass das mittels der Ventileinheit verstellbare Arbeitsglied Teil eines "doppelt wirkenden" Systems ist, bei welchem auf das Arbeitsglied von verschiedenen Seiten zwei individuell mit Druck beaufschlagbare Arbeitskammern zu dessen Verstellung einwirken. Es versteht sich, dass die Ventileinheit eines erfindungsgemäßen Stellungsreglers in diesem Fall zwei getrennte Arbeitsausgänge für jede Arbeitskammer des Arbeitsglieds aufweist und dass in einem solchen Fall insgesamt vier piezopneumatische Ventile vorzusehen sind, von denen jeweils zwei Ventile pneumatisch miteinander gekoppelt und einem Arbeitsausgang der Ventileinheit zugeordnet sind. Die Ventileinheit bildet hier ein 5/3-Wegesystem, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass jedes der vier Ventile einen - wie bereits zuvor erläutert - austauschbar in einen Aufnahmehohlraum des jeweiligen Ventilgehäuses dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz aufweist, wodurch die Funktionscharakteristik jedes der vier Ventile und damit das Fail-Safe-Verhalten des Stellungsreglers in besonders einfacher Weise an den gewünschten Einsatzzweck des Stellungsreglers anpassbar ist.

**[0022]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann in einer ersten Variante vorgesehen sein, dass der Verstellantrieb jedes Ventils und die Schalteinheit des zugehörigen Ventileinsatzes eine gemeinsame, als ganzes austauschbare Baugruppe bilden. Verschiedene funktionsspezifische Ventileinsätze umfassen dann als austauschbare Baugruppe auch den Verstellantrieb des betreffenden Ventils.

**[0023]** Alternativ hierzu kann in einer zweiten Variante der Erfindung vorgesehen sein, dass der Verstellantrieb jedes Ventils und die Schalteinheit des zugehörigen Ventileinsatzes getrennte Baugruppen bilden, wodurch zur Erzielung einer verschiedenen Funktionscharakteristik des betreffenden Ventils nur die Schalteinheit (mit Ventilkörper und Ventilsitz) des Ventils, nicht jedoch der Verstellantrieb des betreffenden Ventils ausgetauscht werden muss.

**[0024]** Beide vorgenannten Varianten können sich - je nach der konkreten Ausgestaltung des Verstellantriebs und seiner Anbindung an den Ventilkörper - als vorteilhaft und einfacher zu realisieren erweisen.

**[0025]** In einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils bewirkenden verschiedenen Ventileinsätze sich nur im Umfang der jeweiligen Schalteinheit unterscheiden, wodurch insbesondere auch der Verstellantrieb zu verschiedenen funktionsspezifischen Ventileinsätzen baugleich ausgestaltet sein kann.

**[0026]** Ferner ist im Rahmen einer abermals bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass bei den Ventileinsätzen jeweils der auf den Ventilkörper einwirkende Verstellantrieb und die Schalteinheit gastechnisch durch ein mittels einer Membran von der Schalteinheit abgetrenntes pneumatisches Volumen entkoppelt sind, wodurch eine Entkopplung der verstellantriebsseitig und schalteinheitsseitig vorherrschenden Betriebsmedien und -drücke realisiert ist. Ferner kann mit einer solchen, bevorzugt mit dem Ventilkörper der Schalteinheit gekoppelten Membran eine zusätzliche (Rückstell-)Kraft auf den Ventilkörper ausgeübt werden, was eine selbsttätige Stabilisierung des Stellungsreglers gegenüber kurzfristigen eingangs-, antriebs- oder ausgangseitige Druckschwankungen befördert.

**[0027]** In besonders bevorzugter Art und Weise können die im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehenen Ventilgehäuse der wenigstens zwei Ventile durch ein gemeinsames Ventilgehäuse gebildet sein. Dabei bietet es sich zur Erzielung einer besonders kompakten und robusten Bauweise insbesondere an, das gemeinsame Ventilgehäuse in Form eines - wenigstens zwei Aufnahmehohlräume aufweisenden - Ventilgehäuseblocks mit mindestens einem Gehäusedeckel auszubilden. Der wenigstens eine Gehäusedeckel verschließt bevorzugt die in dem Ventilgehäuseblock vorgesehenen Aufnahmehohlräume für die Ventileinsätze, wodurch nach Abnahme des wenigstens einen Gehäusedeckels bzw. vor dessen Montage ein geeigneter Zugang zu dem Aufnahmehohlraum besteht. Besonders bevorzugt kann hierbei in einer nochmaligen Weiterbildung der Erfindung vorgesehen sein, dass sich der jedem Ventil zugeordnete Aufnahmehohlraum jeweils sowohl in den Ventilgehäuseblock als auch in den Deckel hinein erstreckt, wobei dann in nochmals bevorzugter Weise vorgesehen sein kann, dass der einem Ventil zugeordnete Verstellantrieb - zumindest teilweise - in dem in den Deckel hineinragenden Bereich des betreffenden Aufnahmehohlraumes untergebracht ist. Durch Abnahme des Gehäusedeckels mitsamt dem darin untergebrachten Verstellantrieb wird somit der Aufnahmehohlraum zum Einsatz oder Austausch eines funktionsspezifischen Ventileinsatzes zugänglich.

**[0028]** Bezüglich der pneumatischen Kopplung der beiden Ventile und der Verschaltung der Ventileinheit ist vorteilhaft vorgesehen, dass der Arbeitsausgang der Ventileinheit mit einem die beiden Aufnahmehohlräume miteinander verbindenden Strömungskanal kommuniziert, d.h. mit diesem strömungstechnisch verbunden ist.

**[0029]** Obgleich die vorliegende Erfindung im vorstehend erläuterten Sinne zunächst einen pneumatischen Stellungsregler betrifft, ist festzustellen, dass sich die zur Realisierung des erfindungsgemäßen Erfolgs notwendigen Merkmale - beinahe ausschließlich - in der beschriebenen Ausgestaltung der piezopneumatischen Ventileinheit manifestieren.

Daher ist es gerechtfertigt, die vorliegende Erfindung auch auf eine in Übereinstimmung mit den vorgenannten Merkmalen ausgestaltete piezopneumatische Ventileinheit für einen pneumatischen Stellungsregler zu beziehen. Eine solche erfindungsgemäße Ventileinheit umfasst zwei miteinander pneumatisch gekoppelte piezopneumatische Ventile, wobei die Ventileinheit einen Signaleingang für ein elektrisches Steuersignal sowie einen an eine Druckgasversorgung anschließbaren Versorgungseingang, einen an das pneumatische Arbeitsglied des Stellungsreglers anschließbaren Arbeitsausgang und einen Entlüftungsausgang für das Arbeitsmedium aufweist. Die erfindungsgemäße Ventileinheit ist dabei ferner **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventile jeweils ein Ventilgehäuse und einen in einen Aufnahmhohlraum des betreffenden Ventilgehäuses dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz mit einer durchströmten Schalteinheit aufweisen, wobei der Ventil Sitz und der mit diesem zusammenwirkende, mittels eines Verstellantriebs verstellbare Ventilkörper an der Schalteinheit des Ventileinsatzes vorgesehen sind und wobei in dem Ventilgehäuse angeordnete Strömungskanäle dergestalt in den zugeordneten Aufnahmhohlraum münden, dass bei identischem Ventilgehäuse durch Austausch des Ventileinsatzes unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils realisierbar sind. Ersichtlich gelten bezüglich der Vorteile einer solchen Ventileinheit wie auch bezüglich bevorzugter Weiterbildungen einer solchen Ventileinheit alle vorstehend genannten Aspekte in gleicher Weise, so dass insoweit zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen sei.

**[0030]** Und schließlich betrifft die vorliegende Erfindung das in Anspruch 14 beschriebene Verfahren zur Einstellung bzw. Abänderung des Fail-Safe-Verhaltens eines erfindungsgemäßen pneumatischen Stellungsreglers bzw. einer erfindungsgemäßen piezopneumatischen Ventileinheit.

**[0031]** Ersichtlich gelten bezüglich der Vorteile dieses Verfahrens wie auch bezüglich bevorzugter Weiterbildungen desselben alle vorstehend genannten Aspekte in gleicher Weise, so dass insoweit zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen sei.

**[0032]** Nachfolgend sind verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Schaltskizze eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen pneumatischen Stellungsreglers mit einer erfindungsgemäßen piezopneumatischen Ventileinheit,

Fig. 2 einen Schnitt durch den Gehäuseblock der in Fig. 1 dargestellten Ventileinheit,

Fig. 3 einen Schnitt durch den Gehäuseblock der bereits in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ventileinheit mit vertauschten Ventileinsätzen,

Fig. 4 einen Schnitt durch den Gehäuseblock eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Ventileinheit und

Fig. 5 einen Schnitt durch das Ventilgehäuse des in Fig. 2 links teilweise dargestellten Ventils.

**[0033]** Der in Fig. 1 schematisch dargestellte pneumatische Stellungsregler 1 umfasst eine erfindungsgemäße piezopneumatische Ventileinheit 2, die auf ein pneumatisches Arbeitsglied 3 einwirkt. An der Ventileinheit 2 ist ein an eine Druckgasversorgung anschließbarer Versorgungseingang 4, ein mit dem Arbeitsglied 3 verbundener Arbeitsausgang 5 sowie ein mit der Atmosphäre verbundener oder geeignet gefasster Entlüftungsausgang 6 vorgesehen.

**[0034]** Das vorliegend als einfach wirkendes System ausgestaltete pneumatische Arbeitsglied 3 des pneumatischen Stellungsreglers 1 umfasst einen innerhalb eines Zylinders 7 gegen die Kraft einer Feder 8 verschiebbaren Kolben 9, mit welchem z.B. eine - nicht dargestellte - Klappe oder ein Ventil betätigt werden kann. Zur Verstellung des - prinzipiell auch auf andere Weise ausgestaltbaren - pneumatischen Arbeitsgliedes 3 ist dessen Arbeitskammer 10 an dem Arbeitsausgang 5 der piezoelektrischen Ventileinheit 2 angeschlossen.

**[0035]** Die piezopneumatische Ventileinheit 2 umfasst ferner zwei piezopneumatische Ventile 11, 12, die pneumatisch miteinander gekoppelt und mit dem Arbeitsausgang 5 der Ventileinheit 2 verbunden sind. Das links dargestellte Ventil 11 dient durch seine Verbindung mit dem Versorgungseingang 4 der Ventileinheit 2 dem Druckaufbau in der Arbeitskammer 10 des Arbeitsglieds 3, während das rechts dargestellte Ventil 12 durch seine Verschaltung mit dem Entlüftungsausgang 6 dem Druckabbau in der Arbeitskammer 10 dient.

**[0036]** Jedes der beiden Ventile 11, 12 weist genau einen funktionsspezifischen Ventileinsatz 13, 14 auf, wobei sich die Ventileinsätze 13, 14 hinsichtlich der funktionsspezifischen Ausgestaltung ihrer jeweiligen Schalteinheit 15, 16 unterscheiden, wie dies den Fig. 1 und 2 zu entnehmen ist und weiter unten noch näher erläutert wird.

**[0037]** Die piezopneumatischen Ventile 11, 12 umfassen je eine als Verstellantrieb 17, 18 fungierende und für beide Ventile 11, 12 identisch ausgebildete piezopneumatischen Vorstufe 19, 20, mit denen die jeweilige Schalteinheit 15, 16 (bzw. der darin angeordnete Ventilkörper 21, 22; vgl. Fig. 2) betätigt wird, wie dies durch die gestrichelten Pfeile 23, 24 angedeutet ist. Jedes piezopneumatische Pilotventil 19, 20 ist über einen gemeinsamen Druckbegrenzer 25 eingangsseitig mit der am Versorgungseingang 4 der Ventileinheit 2 anliegenden Druckgasversorgung verbunden und wird über ein piezoelektrisches Element 27, 28, das seinerseits mit einem elektrischen Regelschaltkreis in Form eines programmierbaren Mikrocontrollers 26 verbunden ist, betätigt. Der Mikrocontroller 26 ist an den Signaleingang 29 für ein elektrisches Steuersignal sowie eine nicht dargestellte elektrische Energie- bzw. Spannungsversorgung angeschlossen. Er

berechnet abhängig von dem einen Sollwert für die Stellgröße repräsentierenden Steuersignal und dem Istwert der Stellgröße geeignete Stellsignale für die beiden piezoelektrischen Elemente 27, 28.

**[0038]** Als Stell- bzw. Regelgröße für den dargestellten Stellungsregler 1 kann beispielsweise die am Arbeitsglied 3 mittels eines geeigneten Sensors üblicher Bauart bestimmbare Lage des Kolbens 9 oder der mittels eines Drucksensors bestimmbare Druck in der Arbeitskammer 10 des Arbeitsglieds 3 bzw. am Arbeitsausgang 5 der Ventileinheit 2 dienen. Ein hierfür zur Verwendung kommender und der besseren Übersichtlichkeit halber nicht dargestellter Sensor ist bevorzugt ebenfalls mit dem Mikrocontroller verbunden, um aus dem vom Sensor bestimmten Istwert der Stellgröße ein geeignetes Stellsignal für die Verstellantriebe 17, 18 der beiden piezopneumatischen Ventile 11, 12 zu berechnen.

**[0039]** Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch den gestrichelt angedeuteten Ventilgehäuseblock 30 der piezopneumatischen Ventileinheit 2 aus Fig. 1. Der einteilige Ventilgehäuseblock 30 bildet die beiden Ventilgehäuse 31, 32 zur Aufnahme der Ventileinsätze 13, 14 der Ventile 11, 12 aus. Jeder Ventileinsatz 13, 14 ist in einem identischen Aufnahmehohlraum 33, 34 dichtend aufgenommen. In die Aufnahmehohlräume 33, 34 münden Strömungskanäle 35, 36, 37 derart, dass sie mit den Anschlüssen korrespondierender Strömungskanäle der Schalteinheiten 15, 16 der Ventileinsätze 13, 14 verbunden sind. Die Ventile 11, 12 sind dabei über den Strömungskanal 36, der gleichzeitig mit dem Arbeitsausgang 5 der Ventileinheit 2 kommuniziert, pneumatisch gekoppelt.

**[0040]** Beide linearverschiebbaren Ventilkörper 21, 22 der Ventile 11, 12 sind jeweils mittels einer - in Fig. 2 nicht dargestellten - Feder 38, 39 in die in Fig. 2 dargestellte und den Fail-Safe-Zustand bei Ausfall der elektrischen Energie definierende Schaltstellung vorgespannt und können durch den (in Fig. 2 nicht dargestellten und gemäß der Pfeile V1 und V2 mittelbar auf den Ventilkörper 21 bzw. 22 einwirkenden) piezopneumatischen Verstellantrieb 17, 19, 23 bzw. 18, 20, 24 entgegen der jeweiligen Federkraft  $F_{\text{feder}}$  verstellt werden. Die durch die piezoelektrischen Pilotventile 19, 20 gebildeten Verstellantriebe 17, 18 beider Ventile 11, 12 sind vorliegend derart an die Ventilkörper angekoppelt, dass bei einem Ausfall der elektrischen Energie von diesen keine Kraft mehr auf die Ventilkörper 21 bzw. 22 ausgeübt wird.

**[0041]** Dabei ist der Ventilkörper 21 des links dargestellten Ventileinsatzes 13 durch die Federkraft  $F_{\text{feder}}$  gegen seinen Ventilsitz 40, also in eine Schließstellung, vorgespannt, während der Ventilkörper 22 des rechts dargestellten Ventileinsatzes 14 durch die Federkraft  $F_{\text{feder}}$  in eine von seinem Ventilsitz 41 beabstandete Öffnungsstellung vorgespannt ist. Das links dargestellte Ventil 11 besitzt somit eine sich bei Energieausfall schließende Funktionscharakteristik ("normal geschlossen (NG)"), während das rechts dargestellte Ventil 12 eine sich bei Energieausfall öffnende Funktionscharakteristik ("normal offen (NO)") aufweist. Für den in Fig. 1 insgesamt dargestellten Stellungsregler 1 bedeutet dies, dass bei Ausfall der elektrischen Energie der Arbeitsausgang 5 über das sich öffnende Ventil 12 mit dem Entlüftungsausgang 6 verbunden und durch das sich schließende Ventil 11 von der am Versorgungseingang 4 anliegenden Druckgasversorgung entkoppelt wird, wodurch die Arbeitskammer 10 des Arbeitsglieds 3 entlüftet wird. Der Kolben 9 des Arbeitsglieds 3 nimmt somit unter Einwirkung der Feder 8 die bei druckloser Arbeitskammer 10 vorgegebene Endlage ein.

**[0042]** Fig. 3 zeigt nun einen Schnitt durch den Gehäuseblock 30 der bereits in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ventileinheit mit vertauschten Ventileinsätzen 13, 14. Es wird sofort klar, dass nun bei einem Ausfall der elektrischen Energie das linke Ventil 11 die dargestellte Öffnungsstellung einnimmt (=Funktionscharakteristik "NO"), während das rechte Ventil 12 seine Schließstellung einnimmt (=Funktionscharakteristik "NG"). Im Ergebnis wird der Arbeitsausgang 5 der Ventileinheit 2 mit der am Versorgungseingang 4 anliegenden Druckgasversorgung verbunden und von dem Entlüftungsausgang 6 entkoppelt, wodurch der Druck am Arbeitsausgang 5 steigt, so dass der Kolben 9 des Arbeitsglieds 3 gegen die Kraft der Feder 8 die gegenüber dem Ausführungsbeispiel aus den Fig. 1 und 2 entgegengesetzte Endlage seines maximalen Verfahrens einnimmt.

**[0043]** Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch den Ventilgehäuseblock 30 eines weiteren Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung, bei dem wiederum der Stellungsregler 1 bzw. die Ventileinheit 2 als solche - mit Ausnahme der zur Verwendung kommenden Ventileinsätze 13 - identisch ausgestaltet sind.

**[0044]** Hier sind für die beiden Ventile 11, 12 zwei identische funktionspezifische Ventileinsätze 13 gewählt, deren Schalteinheiten 15 bei Energieausfall beide in eine das betreffende Ventil 11, 12 schließende Stellung überführt werden. Somit wird die Arbeitskammer 10 eines an den Arbeitsausgang 5 der Ventileinheit angeschlossenen Arbeitsglieds 3 sowohl vom Versorgungseingang 4 als auch vom Entlüftungsausgang 6 der Ventileinheit 2 entkoppelt, so dass sich der Druck in der Arbeitskammer 10 nicht ändert, also gleich bleibt. Das Arbeitsglied 3 bzw. dessen Kolben 9 behält damit seine vor dem Energieausfall eingenommene Position bei.

**[0045]** Figur 5 zeigt schließlich noch einen Schnitt durch das Ventilgehäuse 31 des in Fig. 2 links dargestellten Ventils 11. Dabei umfasst das Ventilgehäuse 31 einen Ventilgehäuseblock 30 und einen den Ventileinsatz 13 abdeckenden Gehäusedeckel 42, in denen ein das gesamte Ventil 11 (inkl. Pilotventil 19) aufnehmender Aufnahmehohlraum 33 ausgebildet ist, wobei das den Verstellantrieb 17 bildende Pilotventil 19 vollständig in dem in den Gehäusedeckel 42 hineinragenden Bereich des Aufnahmehohlraumes 33 untergebracht ist. Der Doppelpfeil P kennzeichnet die lineare Verschiebbarkeit der mit dem Ventilkörper 21 verbundenen Ventilbestandteile.

**[0046]** Das als Verstellantrieb 17 fungierende Pilotventil 19 ist durch ein mittels der Membran 43 von der Schalteinheit 15 des Ventileinsatzes 13 abgetrenntes und stets entlüftetes pneumatisches Volumen 44 von der Schalteinheit 15 entkoppelt. Die Membran 43 ist dabei mittelbar mit dem Ventilkörper 21 verbunden und übt auf diesen, sobald er gegen

## EP 2 258 952 A2

die Kraft  $F_{\text{feder}}$  der innerhalb des Strömungskanal 35 abgestützten Feder 38 verschoben wird, eine Rückstellkraft  $F_{\text{rück}}$  auf den Ventilkörper aus, die - wie auch eine sich aus der Geometrie des Boosterventils ergebende Kraft  $F_{\text{sitz}}$  - der Stellkraft  $F_{\text{st}}$  des Pilotventils 19 entgegengerichtet ist. Das sich hierbei zu jedem Zeitpunkt einstellende Kräftegleichgewicht wirkt selbststabilisierend für das gesamte System gegenüber Systemschwankungen aller Art.

5 **[0047]** Die nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zeigen die bei verschiedener Bestückung der Ventile 11, 12 mit den vorstehend erläuterten Ventileinsätzen 13, 14 realisierbaren Funktionscharakteristiken der betreffenden Ventile 11, 12 in Abhängigkeit vom Betätigungszustand des Pilotventils 19, 20 des jeweiligen Ventils bzw. das sich hieraus ergebende Fail-Safe-Verhalten einer vorstehend anhand der Figuren 1 - 4 im Grundsatz erläuterten Ventileinheit 2.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 1

Ausführung der (Booster-)Ventile 11, 12				Änderung des Drucks am Arbeitsausgang
funktionsspez. Ventileinsatz in Ventil 11 (Funktionscharakteristik)	Betätigungszustand Pilot 19	funktionsspez. Ventileinsatz in Ventil 12 (Funktionscharakteristik)	Betätigungszustand Pilot 20	
13 (NG)	aus	14 (NO)	aus	sinkt
	aus		ein	keine Änderung
	ein		aus	undefiniert
	ein		ein	steigt
14 (NO)	aus	13 (NG)	aus	steigt
	aus		ein	undefiniert
	ein		aus	keine Änderung
	ein		ein	sinkt
13 (NG)	aus	13 (NG)	aus	keine Änderung
	aus		ein	sinkt
	ein		aus	steigt
	ein		ein	undefiniert
14 (NO)	aus	14 (NO)	aus	undefiniert
	aus		ein	steigt
	ein		aus	sinkt
	ein		ein	keine Änderung

Tabelle 2

Funktionscharakteristik der Ventile		Verhalten des Ausgangsdrucks bei Ausfall	
Ventil 11	Ventil 12	elektrische Energie	Druckgasversorgung
NG	NO	sinkt	sinkt
NO	NG	steigt	sinkt
NG	NG	keine Änderung	sinkt
NO	NO	undefiniert	sinkt

[0048] Und schließlich zeigt Tabelle 3 das funktionscharakteristikabhängige Fail-Safe-Verhalten eines weiteren erfindungsgemäßen Stellungsreglers, der in an sich bekannter Art an ein doppelt wirkendes Arbeitsglied angeschlossen ist und hierzu vier piezopneumatische Ventile A1, A2, B1, B2 der erläuterten Art aufweist. Die Ventile A1, B1 dienen zur Steuerung des Drucks in einer ersten, mit einem ersten Arbeitsausgang der Ventileinheit verbundenen Arbeitskammer des Arbeitsglieds, während die Ventile A2, B2 zur Steuerung des Drucks in einer zweiten, mit einem zweiten Arbeitsausgang der Ventileinheit verbundenen Arbeitskammer dienen.

Tabelle 3

Funktionscharakteristik der Ventile				Verhalten des Ausgangsdrucks bei Ausfall			
A1	A2	B1	B2	elektrische Energie		Druckgasversorgung	
				Kammer 1	Kammer 2	Kammer 1	Kammer 2
NG	NG	NO	NO	sinkt	sinkt	sinkt	sinkt
NO	NO	NG	NG	steigt	steigt	sinkt	sinkt
NG	NG	NG	NG	k. Änd.	k. Änd.	sinkt.	sinkt.
NO	NO	NO	NO	undef.	undef.	sinkt	sinkt
NG	NO	NO	NG	sinkt	steigt	sinkt	sinkt
NO	NG	NG	NO	steigt	sinkt	sinkt	sinkt

### Patentansprüche

1. Pneumatischer Stellungsregler (1) mit einem pneumatischen Arbeitsglied (3) und einer auf dieses wirkenden piezopneumatischen Ventileinheit (2), welche zwei miteinander pneumatisch gekoppelte piezopneumatische Ventile (11, 12) umfasst, wobei die Ventileinheit (2) einen Signaleingang (29) für ein elektrisches Steuersignal sowie einen an eine Druckgasversorgung anschließbaren Versorgungseingang (4), einen an das pneumatische Arbeitsglied (3) angeschlossenen Arbeitsausgang (5) und einen Entlüftungsausgang (6) für das Arbeitsmedium aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Ventile (11, 12) jeweils ein Ventilgehäuse (31, 32) und einen in einen Aufnahmehohlraum (33, 34) des betreffenden Ventilgehäuses (31,32) dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz (13, 14) mit einer durchströmten Schalteinheit (15, 16) aufweisen, wobei der Ventilsitz (40, 41) und der mit diesem zusammenwirkende, mittels eines Verstellantriebs (17, 18) verstellbare Ventilkörper (21, 22) an der Schalteinheit (15, 16) des Ventileinsatzes (13, 14) vorgesehen sind und wobei in dem Ventilgehäuse (31,32) angeordnete Strömungskanäle (35, 36, 37) dergestalt in den zugeordneten Aufnahmehohlraum (33, 34) münden, dass bei identischem Ventilgehäuse (31, 32) durch Austausch des Ventileinsatzes (13, 14) unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils (11, 12) realisierbar sind.
2. Stellungsregler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Ventileinsätze (13, 14) austauschbar in dem dem jeweiligen Ventil (11, 12) zugeordneten Aufnahmehohlraum (33, 34) eingesetzt sind.
3. Stellungsregler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,

## EP 2 258 952 A2

**dass** der Verstellantrieb (17, 18) in Form einer piezopneumatischen Vorstufe (19, 20) ausgeführt ist.

- 5
4. Stellungsregler nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** der Verstellantrieb (17, 18) jedes Ventils (11, 12) und die Schalteinheit (15, 16) des zugehörigen Ventileinsatzes (13, 14) eine gemeinsame, als ganzes austauschbare Baugruppe bilden.
- 10
5. Stellungsregler nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** der Verstellantrieb (17, 18) jedes Ventils (11, 12) und die Schalteinheit (15, 16) des zugehörigen Ventileinsatzes (13, 14) getrennte Baugruppen bilden.
- 15
6. Stellungsregler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die die unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils (11, 12) bewirkenden verschiedenen Ventileinsätze (13, 14) sich nur im Umfang der jeweiligen Schalteinheit (15, 16) unterscheiden.
- 20
7. Stellungsregler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** bei den Ventileinsätzen (13, 14) jeweils der Verstellantrieb (17, 18) und die Schalteinheit (15, 16) gastechnisch durch ein mittels einer Membran (43) von der Schalteinheit (15, 16) abgetrenntes pneumatisches Volumen (44) entkoppelt sind.
- 25
8. Stellungsregler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** für die beiden Ventile (11, 12) ein gemeinsames Ventilgehäuse (30, 42) vorgesehen ist.
- 30
9. Stellungsregler nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** das gemeinsame Ventilgehäuse (30, 42) einen Ventilgehäuseblock (30) und mindestens einen Gehäusedeckel (42) umfasst.
- 35
10. Stellungsregler nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** sich der Aufnahmehohlraum (33, 34) jeweils sowohl in den Ventilgehäuseblock (30) als auch in den Gehäusedeckel (42) hinein erstreckt.
- 40
11. Stellungsregler nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Verstellantrieb (17, 18) in dem in den Gehäusedeckel (42) hineinragenden Bereich des Aufnahmehohlraumes (33, 34) untergebracht ist.
- 45
12. Stellungsregler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** der Arbeitsausgang (5) mit einem die beiden Aufnahmehohlräume (33, 34) miteinander verbindenden Strömungskanal (36) kommuniziert.
- 50
13. Piezopneumatische Ventileinheit (2) für einen pneumatischen Stellungsregler (1), umfassend zwei miteinander pneumatisch gekoppelte piezopneumatische Ventile (11, 12), wobei die Ventileinheit (2) einen Signaleingang (29) für ein elektrisches Steuersignal sowie einen an eine Druckgasversorgung anschließbaren Versorgungseingang (4), einen an ein pneumatisches Arbeitsglied des Stellungsreglers (1) anschließbaren Arbeitsausgang (5) und einen Entlüftungsausgang (6) für das Arbeitsmedium aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die Ventile (11, 12) jeweils ein Ventilgehäuse (31, 32) und einen in einen Aufnahmehohlraum (33, 34) des betreffenden Ventilgehäuses (31, 32) dichtend einsetzbaren funktionsspezifischen Ventileinsatz (13, 14) mit einer durchströmten Schalteinheit (15, 16) aufweisen, wobei der Ventilsitz (40, 41) und der mit diesem zusammenwirkende, mittels eines Verstellantriebs (17, 18) verstellbare Ventilkörper (21, 22) an der Schalteinheit (15, 16) des Ventileinsatzes (13, 14) vorgesehen sind und wobei in dem Ventilgehäuse (31, 32) angeordnete Strömungskanäle (35, 36, 37) dergestalt in den zugeordneten Aufnahmehohlraum (33, 34) münden, dass bei identischem Ventilgehäuse (31, 32) durch Austausch des Ventileinsatzes (13, 14) unterschiedliche Funktionscharakteristiken des betreffenden Ventils (11, 12) realisierbar sind.
- 55
14. Verfahren zur Einstellung bzw. Abänderung des Fail-Safe-Verhaltens eines pneumatischen Stellungsreglers nach Anspruch 1 oder einer piezopneumatischen Ventileinheit nach Anspruch 13 **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

A) Vorgabe eines gewünschten Fail-Safe-Verhaltens für den pneumatischen Stellungsregler bzw. die piezo-

## EP 2 258 952 A2

pneumatische Ventileinheit entsprechend dem gewünschten Einsatzzweck des Stellungsreglers bzw. der Ventileinheit

B) Auswahl zweier zur Erzielung des gewünschten Fail-Safe-Verhaltens geeigneter Ventileinsätze aus einer Mehrzahl an verschiedenen, funktionsspezifischen Ventileinsätzen

5 C) Entweder Erstbestückung der Aufnahmehohlräume mit den gemäß Schritt B) ausgewählten Ventileinsätzen oder Austausch von bereits in den Aufnahmehohlräumen vorhandenen Ventileinsätzen **durch** die gemäß Schritt B) ausgewählten Ventileinsätze

10

15

20

25

30

35

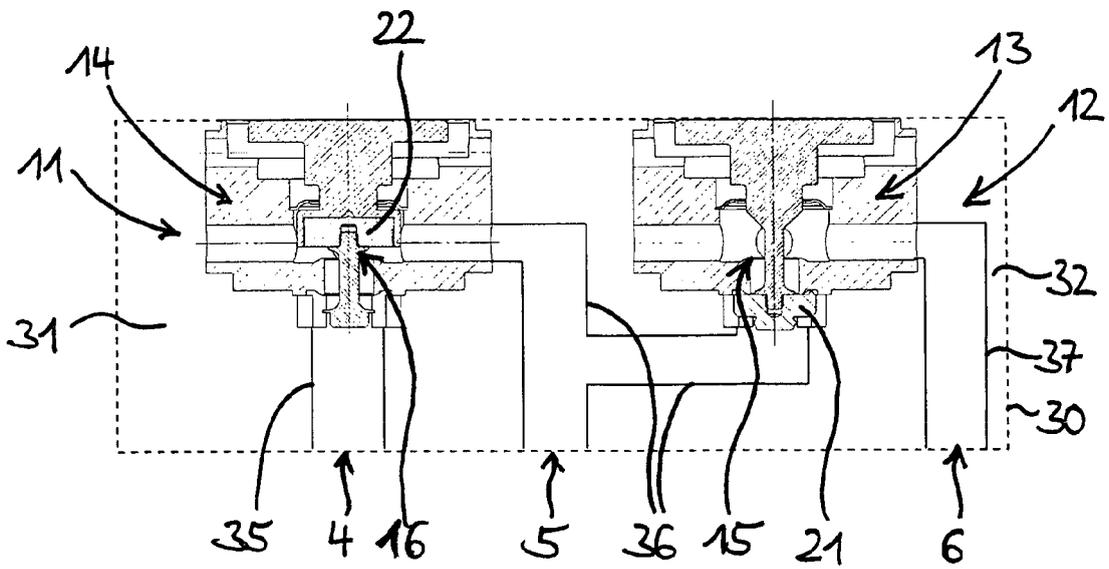
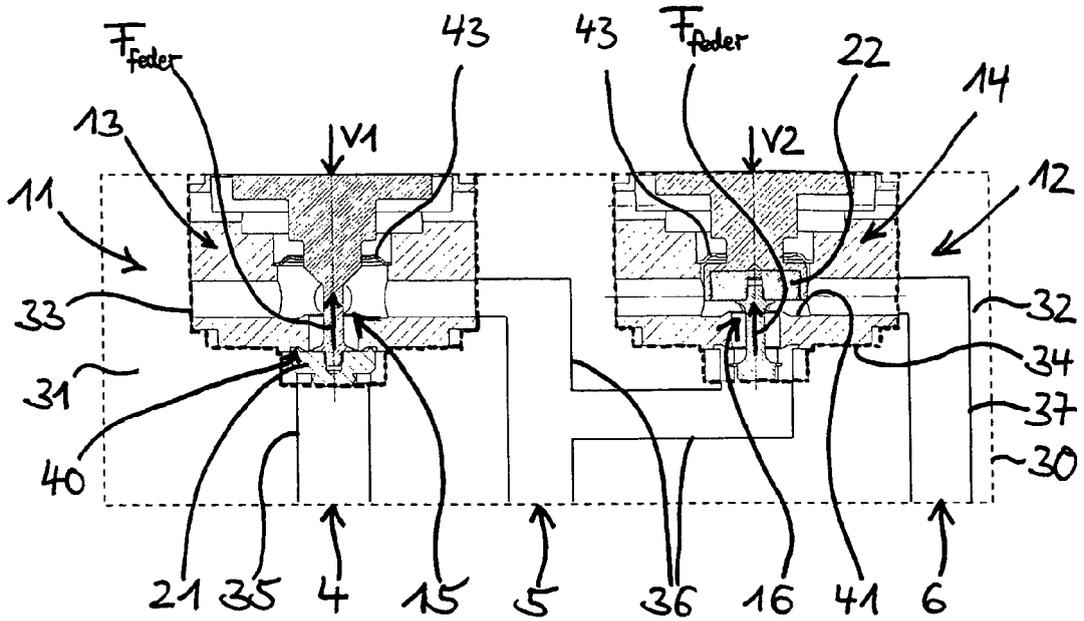
40

45

50

55





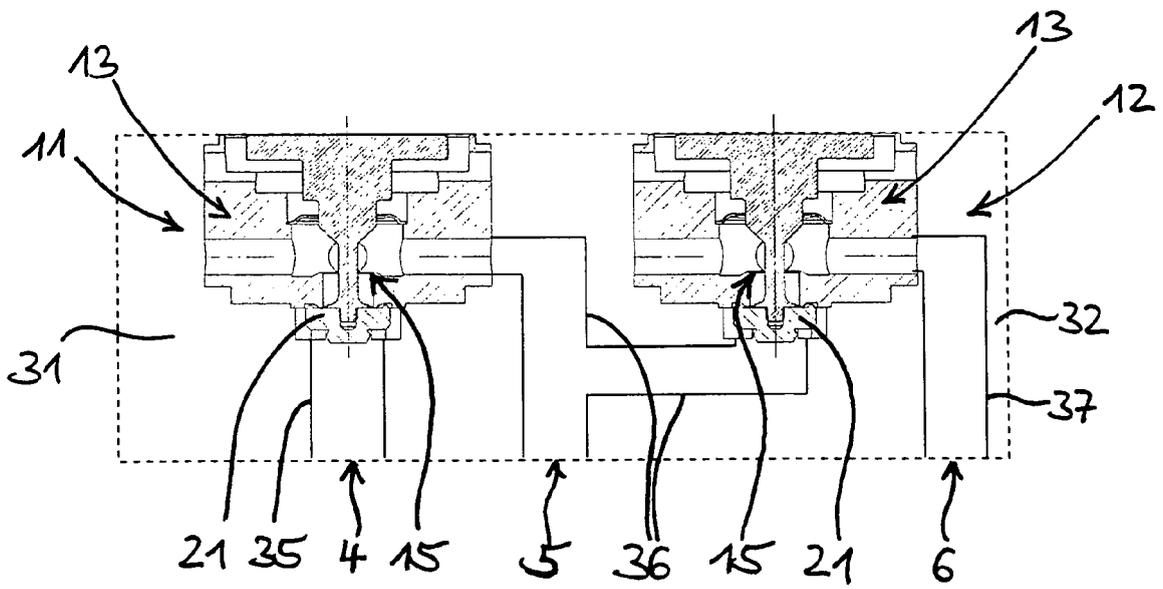


Fig. 4

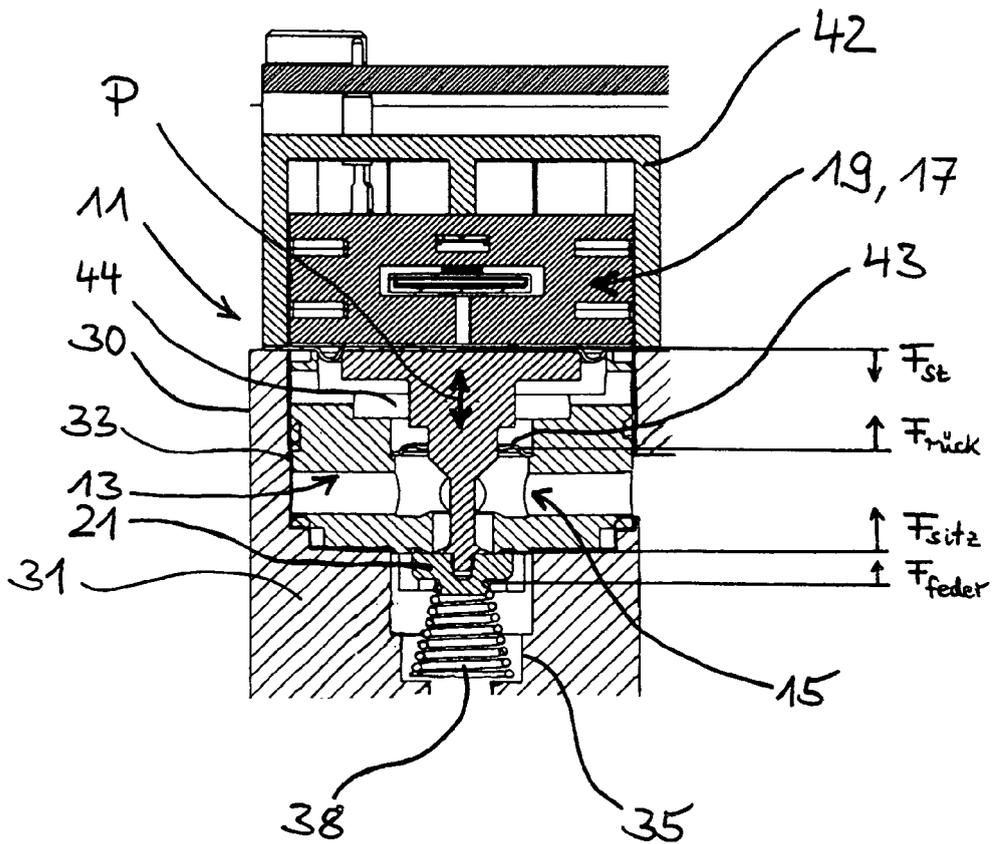


Fig. 5

**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 0822344 A2 [0004]
- US 5362141 A [0005]