(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 196 483 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.07.2017 Patentblatt 2017/30

(51) Int Cl.:
F15B 13/04 *(2006.01)* ***F15B 11/04*** *(2006.01)*
F16K 31/126 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **16183090.6**

(22) Anmeldetag: **05.08.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **20.01.2016 DE 102016100919**

(71) Anmelder: **Samson Aktiengesellschaft**
60314 Frankfurt (DE)

(72) Erfinder: **Valentin-Rumpel, Frank**
64823 Groß-Umstadt (DE)

(74) Vertreter: **Schmid, Nils T.F.**
Boehmert & Boehmert
Anwaltspartnerschaft mbB
Pettenkoferstrasse 22
80336 München (DE)

(54) PNEUMATISCHER VOLUMENSTROMVERSTÄRKER

(57) Bei einem pneumatischen Volumenstromverstärker (1) zum Verstärken eines pneumatischen Stelldruckausgangssignals eines Stellungsreglers, der einen pneumatischen Antrieb, wie einen pneumatischen Stellantrieb (73), zum Betätigen einer Stellarmatur, wie eines Stellventils, einer prozesstechnischen Anlage, wie einer petrochemischen Anlage, einer Lebensmittelverarbeitungsanlage, wie eine Brauerei, oder dergleichen, belüftet und/oder entlüftet, ist vorgesehen: einen pneumatischen Steuerausgang (23) zum Anschluss an eine pneumatische Arbeitskammer des pneumatischen Antriebs, einen ersten pneumatischen Belüftungseingang (15) insbesondere zum Empfangen eines pneumatischen Stelldruckausgangssignals eines Stellungsreglers, wenigstens einen pneumatischen Verstärkungseingang (17), insbesondere zum Empfangen eines insbesondere konstanten pneumatischen Luftverstärkungssignals, wie eines Boostersignals, eine pneumatische Entlüftungsverbindung von dem Steuerausgangs zu einer Drucksenke zum Entlüften des Stellantriebs, ein die pneumatische Entlüftungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Entlüftungssitzventil (3), eine pneumatische Belüftungsverbindung zwischen dem ersten Belüftungseingang und dem Steuerausgang; ein die pneumatische Belüftungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Belüftungssitzventil (5), eine pneumatische Verstärkungsverbindung zwischen dem Verstärkungseingang und dem Steuerausgang; ein die pneumatische Verstärkungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Verstärkungssitzventil (7); und eine mechanische Sitzventil-Betätigung zum gemeinsamen Betätigen des Entlüftungssitzventils, des ersten Belüftungssitzventils und des Verstärkungssitzventils.

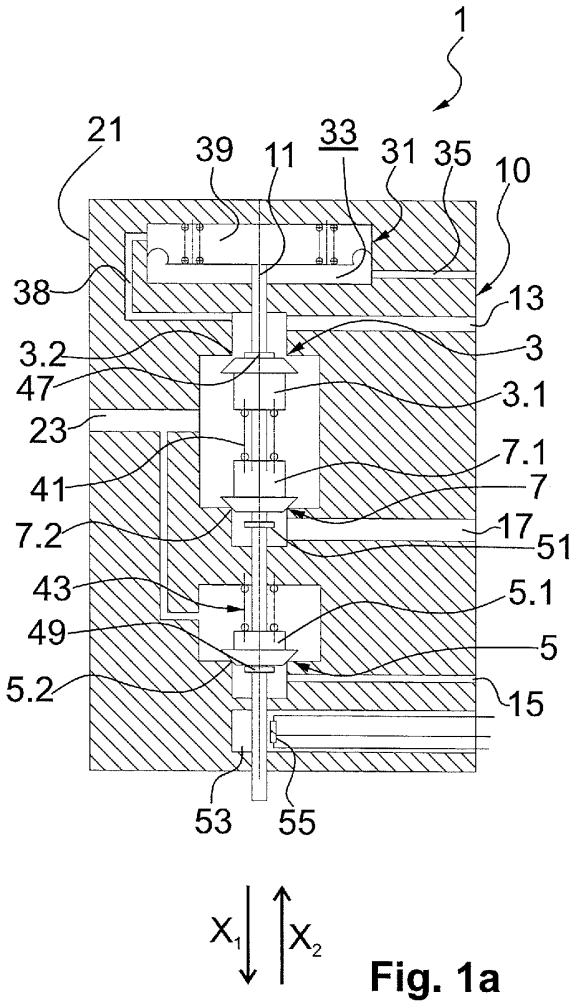

Fig. 1a

EP 3 196 483 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen pneumatischen Volumenstromverstärker. Der Volumenstromverstärker wird in Verbindung mit pneumatischen Stellungsreglern eingesetzt, um gemeinsam die Stellgeschwindigkeit eines pneumatischen Antriebs zu erhöhen und/oder den Hubvolumenstrom des pneumatischen Antriebs spontan zu vergrößern. Der Einsatz eines Volumenstromverstärkers in Wirkkoppelung mit einem Stellungsregler ist insbesondere dann von Interesse, wenn der Stellungsregler nicht ausreicht, die gewünschte Stellungsregelung und damit die gewünschten Stellantriebsbetätigung zu realisieren. Bei großen pneumatischen Antrieben, mit einem Hubvolumen von größer oder gleich ca. 2000 cm^3, ist es aus prozesstechnischer Sicht wünschenswert, eine schnelle Betätigung eines von dem Antrieb zu stellenden Stellventils zu realisieren, was auf dem Gebiet der Prozesstechnik dadurch bekanntermaßen realisiert wird, dass ein oder mehrere sogenannte pneumatische Booster/Verstärker eingesetzt werden. Für jeden dieser zugeschalteten Booster sind u. a. zusätzliche Pneumatikventile, wie Schnellentlüfter, einzusetzen, um die Betriebsanforderungen der jeweiligen prozesstechnischen Anlage zu erfüllen. Die pneumatische Verschaltung der Booster mit dem Stellungsregler und dem pneumatischen Antrieb ist an sich aufwendig. Zudem ist es bei Einsatz weiterer pneumatischer Bauteile schwierig, dass das jeweilige individuelle Betriebscharakteristikum der Geräte im Lichte der gewünschten Stellungsregelung einzustellen.

[0002] Der gattungsgemäße Volumenstromverstärker ist insbesondere zwischen einem pneumatischen Stellungsregler und einem pneumatischen Stellantrieb mit einer Stellarmatur, wie einem Stellventil, einer prozesstechnischen Anlage angeschlossen und dient dazu, den pneumatischen Antrieb zu belüften und/oder zu entlüften, der beispielsweise ein Stellventil der prozesstechnischen Anlage betätigen soll. Eine prozesstechnische Anlage dient dazu, ein prozesstechnisches Fluid, wie petrochemische Fluide, Lebensmittelfluide, wie Brauereisäfte, im großen Maßstab zu verarbeiten.

[0003] Aus DE 10 2009 015 999 A1 ist ein vorgesteuertes Druckproportionalventil bekannt, dem bei entsprechender Ansteuerung eine Volumenstromverstärkungsfunktion zugesprochen werden kann und das ein elektrisch betätigbares Belüftungsventil und ein elektrisch betätigbares Entlüftungsventil aufweist, die beide mit einer druckluftbeaufschlagten Vorsteuerkammer des Proportionalventils verbunden sind. Das bekannte Druckproportionalventil sieht eine Verblockfunktion für den pneumatischen Antrieb bei Unterschreitung eines vorbestimmten Ist-Arbeitsdrucks unter einem vorgegebenen Soll-Arbeitsdruck vor, indem das Belüftungsventil schließt und das Entlüftungsventil geöffnet wird. Durch pneumatische Verschaltung beider Ventile ergibt sich ein erhöhter Verrohrungsaufwand. Sollten zusätzlich pneumatische Verstärker, wie Booster, eingesetzt werden, um dem Druckproportionalventil eine weitere Volumenstromverstärkungsfunktion zuzuführen, müssten weitere Ventile vorgesehen werden, die auf das gewünschte Regelverhalten des Stellungsreglers abzustimmen sind und den Verrohrungsaufwand erhöhen.

[0004] Bei einem sehr volumengroßen pneumatischen Antrieb, beispielsweise mit einem Hubvolumen von über 2000 cm^3, besteht die Schwierigkeit, kleine pneumatische Signaländerungen und große pneumatische Signaländerungen, also jeweilige Druckänderungen, in der pneumatischen Arbeitskammer des pneumatischen Antriebs zu realisieren. Bei kleinen Positionsänderungen des von dem pneumatischen Stellantrieb zu stellenden Stellventils kann es aufgrund von Reibungskräften und entsprechend langen Ansprechzeiten zu einem Überschwingen des Stellventils über die gewünschte Sollregelposition kommen. Lange zu überwindende Stellwegen können dazu führen, dass die großen Luftmengen ein Überschwingen zulassen. Um die entsprechend großen Luftmengen von einem Stellungsregler in den pneumatischen Antrieb zu realisieren, können externe Booster eingesetzt werden, welche eine aufwendige pneumatische Verschaltung fordern. Bei einer Reihen- oder Parallelschaltung von mehreren Boostern ist aufgrund der jeweiligen individuellen Kennlinie des Boosters und aufgrund von unterschiedlichen Verzögerungscharakteristiken und unterschiedlichem dynamischen Verhalten der Booster eine pneumatische Signalverschlechterung hinzunehmen, welche einen hohen Regelungsabstimmungsaufwand fordern.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden, insbesondere ein pneumatisches Volumenstromverstärker vorzugsweise zum strukturellen Erweitern mit einem Stellungsregler, der an einem pneumatischen Antrieb einer Prozessarmatur angeschlossen ist, oder eine Anordnung aus einem Stellungsregler, dem Volumenstromverstärker und gegebenenfalls dem daran angeschlossenen pneumatischen Antrieb bereitzustellen, wobei der Volumenstromverstärker eine schnelle Regelung insbesondere bei großen pneumatischen Antrieben vorzugsweise mit einem Hubvolumen von größer als 2000 cm^3 gewährleisten kann, wobei insbesondere ein hoher Regelungsabstimmungsaufwand und/oder ein hoher konstruktiver Aufwand zur Verrohrung zu vermeiden ist.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Danach ist ein pneumatischer Volumen- oder Servoventileinrichtung zum Belüften und/oder Entlüften und gegebenenfalls Verschließen eines pneumatischen Antriebs, wie eines pneumatischen Stellantriebs, zum Betätigen einer Stellarmatur, wie eines Stellventils, einer prozesstechnischen Anlage, wie einer petrochemischen Anlage, einer Lebensmittelverarbeitungsanlage, wie einer Brauerei oder dergleichen, vorgesehen. Der pneumatische Volumenstromverstärker steht in Wirkverbindung mit einem Stellungsregler, der wenigstens ein pneumatisches Stellsignal über den Volumenstromverstärker einem pneumatischen Antrieb, wie einem pneu-

matischen Stellantrieb, zuführt. Die Erfindung kann sowohl eine Anordnung aus dem Volumenstromverstärker, dem Stellungsregler und gegebenenfalls dem pneumatischen Antrieb gebildet sein, als auch durch den Volumenstromverstärker als anzuschließende Einheit in Alleinstellung betreffen. Der pneumatische Volumenstromverstärker ist erfindungsgemäß insbesondere zum Einsatz für große pneumatische Antriebe vorgesehen, die ein Hubvolumen von über 2000 cm^3 aufweisen und bei denen die Hubgeschwindigkeit zu erhöhen ist. Vorzugsweise ist der pneumatische Volumenstromverstärker als kompakte Pneumatikeinheit direkt an dem pneumatischen Antrieb angeflanscht oder kann auf sonstige Weise befestigt sein oder kann an dem Stellungsregler, insbesondere an dessen Gehäuse, angeflanscht oder auf sonstige Weise befestigt sein. Dabei kann der erfindungsgemäße pneumatische Volumenstromverstärker folgende Grundfunktionen/Konstruktionen aufweisen:

ein proportionales 3/3-(5/3)-Wegeventil, das von dem Stellungsregler direkt angesteuert wird, wobei die Arbeitskammer des pneumatischen Antriebs über das 3/3-(5/3)-Wegeventil befüllt, entlüftet oder verschlossen ist;

ein 2/2- oder 4/2-Wegeventil, das mechanisch mit dem 3/3-(5/3)-Wegeventil gekoppelt ist, wobei das 2/2- oder 4/2-Wegeventil als ein Bypassventil insbesondere zum Einstellen kleinerer Volumenströme ausgelegt ist;

ein Sicherheitszwangsmittel, wie eine Rückstellungsfeder, welches mechanisch mit dem 3/3-(5/3)-Wegeventil und gegebenenfalls dem 2/2- oder 4/2-Wegeventil mechanisch gekoppelt ist, wobei vorzugsweise die Sicherheitszwangseinrichtung über ein zusätzliches Sicherheitsmagnetventil geschaltet werden kann, um insbesondere den pneumatischen Antrieb zwangszuentlüften; und

eine Wegemessung der Stellung eines Stellventils der Stellarmatur der prozesstechnischen Anlage, wobei die Messergebnisse direkt zur Regelung der jeweiligen Ventile des pneumatischen Volumenstromverstärkers mit Hilfe der Elektronik des Stellungsreglers verwendet werden.

[0007] Der pneumatische Volumenstromverstärker wird vorzugsweise als Montageeinheit mit einer kompakten Gehäusestruktur gestaltet, die stellantriebsnah oder stellungsreglernah fest angebracht werden kann. Der pneumatische Volumenstromverstärker, insbesondere dessen Gehäusestruktur, definiert zumindest genau einen pneumatischen Steuerausgang zum Anschluss an zumindest eine pneumatische Arbeitskammer des pneumatischen Stellantriebs. Die Gehäusestruktur des pneumatischen Proportionalventils kann auch einen zweiten oder dritten pneumatischen Steuerausgang aufweisen, um diese(n) an eine zweite Arbeitskammer des Stellantriebs oder an eine weitere Arbeitskammer eines weiteren Stellantriebs anzuschließen. Des Weiteren ist wenigstens ein erster pneumatischer Belüftungseingang in der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers insbesondere zum Empfangen eines pneumatischen Stelldrucksignals beispielsweise eines Stellungsreglers ausgestaltet. Des Weiteren hat der pneumatische Volumenstromverstärker, insbesondere dessen Gehäusestruktur, einen Verstärkungseingang zum Anschluss an eine pneumatische Versorgungsquelle insbesondere konstanten Luftdrucks, vorzugsweise von 6 bar. An dem Verstärkungseingang wird ein pneumatisches Verstärkungssignal empfangen, wie ein Boostersignal, beispielsweise von dem pneumatischen Verstärker, der zwischen dem Verstärkungseingang und dem Stellungsregler pneumatisch zwischengeschaltet sein kann und insbesondere außerhalb des pneumatischen Volumenstromverstärkers, vorzugsweise dessen Gehäusestruktur, anschließbar ist.

[0008] Des Weiteren umfasst der pneumatische Volumenstromverstärker, insbesondere dessen Gehäusestruktur, eine Entlüftungsöffnung, die vorzugsweise auf Atmosphärendruck liegt, damit der Steuerausgang des Volumenstromverstärkers für einen bestimmten Betriebszustand, insbesondere Betriebsnotzustand, auf Atmosphärendruck gesetzt und entlüftet werden kann. Des Weiteren hat das erfindungsgemäße Proportionalventil, insbesondere in dessen Gehäusestruktur integriert, eine pneumatische Entlüftungskanalverbindung zwischen der Entlüftungsöffnung und dem Steuerausgang. In der Entlüftungskanalverbindung ist ein die Verbindung trennendes und/oder öffnendes Entlüftungssitzventil angeordnet, das insbesondere gegenüber anderen Sitzventilen des Volumenstromverstärkers derart steuerungsdominant ist, dass bei Öffnung des Entlüftungssitzventils eine Entlüftung des Steuerausgangs erzwungen wird und somit die angeschlossene pneumatische Arbeitskammer des pneumatischen Antriebs entlüftet werden kann.

[0009] Des Weiteren ist eine pneumatische Belüftungskanalverbindung zwischen dem Belüftungseingang und dem Steuerausgang innerhalb der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers ausgebildet. In der Belüftungskanalverbindung ist ein die Verbindung trennendes und/oder öffnendes Belüftungssitzventil angeordnet, das insbesondere dazu geeignet ist, kleine Luftmengenänderungen zur Abgabe an dem pneumatischen Steuerausgang insbesondere über eine (bezüglich des Volumenstromverstärkers) externe vorgeschaltete Einheit einzustellen, um eine präzise Regelgüte sicherzustellen.

[0010] Des Weiteren hat der Volumenstromverstärker eine pneumatische Verstärkungsverbindung zwischen einem Verstärkungseingang und dem Steuerausgang. In der Verstärkungskanalverbindung ist ein die Verbindung trennendes und/oder öffnendes Verstärkungssitzventil angeordnet, das dazu ausgelegt ist, große Luft-

mengenänderungen insbesondere zu einem bestimmten Schaltpunkt, der durch die Mechanik des Volumenstromverstärkers realisiert ist, zuzuschalten. Der Verstärkungseingang des Volumenstromverstärkers kann über einen externen Verstärker (Booster) mit einer Druckluftquelle insbesondere konstanten Luftdrucks, wie 6 bar, verbunden sein, damit große Luftmengen zu einem bestimmten Betriebsschaltpunkt zugeschaltet werden können, um schlagartig höhere Stelldrücke (Luftmengen) an dem pneumatischen Steuerausgang für den pneumatischen Antrieb zur Verfügung zu stellen. Erfindungsgemäß ist eine gemeinsame mechanische Sitzventil-Betätigung in dem erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker vorgesehen, die insbesondere an der Gehäusestruktur insbesondere translatorisch verschieblich gelagert ist. Die Sitzventil-Betätigung ist dazu ausgelegt, sowohl das Entlüftungssitzventil als auch das Belüftungssitzventil als auch das Verstärkungssitzventil zu betätigen und sukzessive zu verlagern, um eine geregelte Luftmenge in Bezug auf Betrag und Timing innerhalb des pneumatischen Antriebs zu erzeugen. Es sei klar, dass erfindungsgemäß auch mehrere Verstärkungssitzventile im Hinblick auf mehrere pneumatische Verstärkungseingänge vorgesehen sein können, um unterschiedliche Schaltstufen von Belüftungs-oder zugeschalteten Verstärkungssignalen bereitstellen zu können. Erfindungsgemäß kann mit dem Volumenstromverstärker unterschiedlichste Druckbeaufschlagungscharakteristiken im pneumatischen Antrieb je nach Anwendungs- und Betriebsfall annähernd verzögerungsfrei realisiert werden, wobei der strukturelle Aufwand hierfür aufgrund der gemeinsamen Sitzventil-Betätigung gering bleibt. Die Möglichkeit, in einem Ventil ein Belüftungsventil und zusätzlich ein Verstärkungsventil zum Zuschalten von Luftvolumen vorzusehen, ermöglicht ein variables Baukastensystem, um verschiedenste Belüftungs- und Entlüftungsszenarien zu realisieren.

[0011] Es sei klar, dass der erfindungsgemäße Volumenstromverstärker auch eine eigene Wegmessung aufweisen kann, um eine direkte Erfassung der Position der Sitzventil-Betätigung beispielsweise des Verstärkersitzventils und/oder des ersten Belüftungssitzventils insbesondere zur Weitergabe an den externen Stellungsregler zu ermöglichen und die Regelgüte zu verbessern.

[0012] Es zeigte sich, dass mit dem erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker der Verrohrungsaufwand für die unterschiedlichen pneumatischen Regelungssituationen deutlich reduziert ist. Der erfindungsgemäße Volumenstromverstärker ist dazu geeignet, mittels einer Ventilmechanik große und kleine Mengen schnell und sicher bereitzustellen, wobei er insbesondere für kleine KV-Werte (Kv-Wert bei Nennhub) einen Bypass bereitstellt.

[0013] Es sei klar, dass das erfindungsgemäße Proportionalventil als 3/3-Wegeventil oder ein 5/3-Wegeventil ausgestaltet sein kann. Auch ist es möglich, dass das erfindungsgemäße Proportionalventil als 2/2- oder 4/2-Wegeventil auszubilden.

[0014] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung hat die gemeinsame Sitzventil-Betätigung einen eigenen Volumenstromverstärker, der insbesondere innerhalb der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers untergebracht ist und dazu dient, das Entlüftungsventil, das Belüftungssitzventil und das Verstärkungssitzventil zu betätigen. Dabei kann der Membranantrieb mit dem Belüftungssitzventil, dem Entlüftungssitzventil und dem Verstärkungssitzventil mechanisch gekoppelt sein. Die gemeinsame Sitzventilbetätigung betätigt nicht gleichzeitig das Entlüftungsventil, das Belüftungsventil und das Verstärkungssitzventil, sondern in Abhängigkeit eines Betätigungsglieds, das translatorisch verschieblich in der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers gelagert ist. Das sukzessive Aktivieren/Deaktivieren des jeweiligen Sitzventils geschieht wegabhängig von der Stellung des Betätigungsglieds. Die Abfolge der Betätigung des Belüftungsventils, Entlüftungsventils und Verstärkungssitzventils ermöglicht das Notabschalten beispielsweise durch Entlüftung das klassische Regeln des Antriebsdrucks in dem Stellantrieb oder das schlagartige Zuschalten von Verstärkervolumen. Die mechanische Kopplung der gemeinsamen Sitzventil-Betätigung kann insbesondere derart gestaltet sein, dass der Membranantrieb gegenüber jedem Sitzventil in einer Verlagerungsrichtung des Membranantriebs frei läuft und in einer gegenläufigen Verlagerungsrichtung des Membranantriebs bei Erreichung und Überschreiten einer vorbestimmten, insbesondere sitzventilindividuellen Antriebsstellung, das jeweilige Sitzventil betätigt, insbesondere mitnimmt. Dabei ist die Verlagerungsrichtung, bei der der Membranantrieb frei läuft, nicht für jedes Sitzventil die gleiche. Zum Beispiel kann es sein, dass in einer der beiden Verlagerungsrichtungen zwei der wenigstens drei Sitzventile sukzessive mitgenommen werden und eines unbetätigt bleibt, während in einer anderen Verlagerungsrichtung nur ein Sitzventil mitgenommen werden kann und die anderen Sitzventile unbetätigt bleiben.

[0015] Vorzugsweise laufen in einer ersten Verlagerungsrichtung des Membranantriebs nur das Entlüftungssitzventil frei. Das Entlüftungssitzventil kann alternativ starr mit dem Membranantrieb gekoppelt sein, das heißt, es wird in beide Verlagerungsrichtungen durch den Membranantrieb spiel- oder freiweglos betätigt. Bei dieser Ausgestaltung sind sowohl das Belüftungssitzventil und das Verstärkungssitzventil durch den Membranantrieb in der ersten Verlagerungsrichtung betätigtbar. Bei einer der ersten Verlagerungsrichtung gegenläufigen, zweiten Verlagerungsrichtung des Membranantriebs laufen das Belüftungssitzventil und das Verstärkungssitzventil frei, und das Entlüftungssitzventil wird durch den Membranantrieb betätigt.

[0016] Das Verstärkungsventil und das Belüftungsventil können, wie oben dargestellt ist, in einer Verlagerungsrichtung bezüglich des Membranantriebs frei laufen, während in der anderen Verlagerungsrichtung diese Sitzventile (das Belüftungssitzventil und das Verstärkungs- oder zweite Belüftungsventil) mitgenommen wer-

den. Es ist auch vorstellbar, dass das Verstärkungsventil starr mit dem Membranantrieb gekoppelt ist, so dass der Membranantrieb das Verstärkungsventil in beide Verlagerungsrichtungen mitnimmt.

[0017] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist der Membranantrieb mit einer Arbeitskammer und einer Rückstellkammer ausgebildet, wobei die Rückstellkammer pneumatisch betrieben sein kann und/oder mit einer Rückstellfeder ausgestaltet sein kann. Die Arbeitskammer und die Rückstellkammer sind durch die Membran voneinander getrennt.

[0018] Der Membranantrieb empfängt über einen weiteren separaten pneumatischen Eingang, wie einen Membranantriebseingang, des Volumenstromverstärkers, ein pneumatisches Eingangssteuersignal, das vorzugsweise zu dem pneumatischen Steuersignal unterschiedlich erzeugt und/oder ausgeregelt ist, das dem Belüftungseingang zugeführt ist und insbesondere von einem Stellungsregler herrührt. Das pneumatische Eingangssteuersignal kann auch ein weiteres pneumatisches Signal von dem Stellungsregler sein, der dazu ausgelegt ist, mehrere unterschiedliche Steuersignale abzugeben. Vorzugsweise ist der Membranantrieb in eine Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers vollständig untergebracht, wobei insbesondere eine Betätigungsstange oder eine Betätigungswelle mit einer die Kammern trennenden Membran gekoppelt ist, um die Betätigungsstange oder -welle in einer translatorischen oder rotatorischen Verlagerungsrichtung entsprechend dem pneumatischen Steuersignal zu stellen. Insofern kann der proportionalventileigene Membranantrieb direkt durch den pneumatischen Signalausgang des Stellungsreglers gesteuert werden, der für die Steuerung des pneumatischen Antriebs verantwortlich ist.

[0019] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung hat die Sitzventil-Betätigung ein Betätigungsglied, wie eine Betätigungsstange oder eine Betätigungswelle. Das Betätigungsglied ist insbesondere von dem Membranantrieb direkt betrieben, wobei insbesondere das Betätigungsglied gegenüber dem Entlüftungssitzventil in einer Verlagerungsrichtung freilaufend strukturiert ist und einen eigenen Mitnehmer aufweist, der beispielsweise als ein von der Stange vorragender Absatz oder Stufe ausgebildet ist und das Entlüftungssitzventil in der anderen Verlagerungsrichtung mitnehmen kann. Der Mitnehmer hat die Funktion, das jeweilige Sitzventil nur in einer der beiden Verlagerungsrichtungen mitzunehmen und somit zu betätigen. Das Entlüftungssitzventil kann auch an dem Betätigungsglied unbeweglich festgelegt sein.

[0020] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung bewegt und öffnet die mechanische Sitzventil-Betätigung insbesondere ab einer bestimmten Entlüftungsstellung, die einer Membranantriebsstellung entspricht, bei der das Entlüftungsventil in einer Entlüftungsstellung gebracht ist. Vorzugsweise wird dabei das in dessen Schließstellung federvorgespannte Entlüftungssitzventil direkt aus dessen Schließstellung gebracht. Die Federvorspannung für das Entlüftungssitzventil dient dazu, Letzteres in die Schließstellung zu zwingen. Erst wenn durch entsprechende Betätigung des Membranantriebs die oben genannte Antriebsstellung oder Entlüftungsstellung erreicht ist, nimmt die Sitzventilbetätigung das Entlüftungssitzventil mit und veranlasst dessen Verlassen des zugeordneten Ventilsitzes.

[0021] In der entgegengesetzten Verlagerungsrichtung bewegt die gemeinsame mechanische Sitzventil-Betätigung das Belüftungssitzventil, das für die klassische Zuführung von pneumatischen Steuersignalen an den pneumatischen Antrieb verantwortlich ist, insbesondere bei einer vorbestimmten ersten Schließstellung, welche einer bestimmten Membranantriebsstellung entspricht, direkt in dessen Schließstellung. Das Belüftungssitzventil ist in die Schließstellung federvorgespannt, was insbesondere bedeutet, dass das Belüftungssitzventil durch die Federvorspannung stets in dessen Schließstellung gezwungen wird. Die gemeinsame Sitzventil-Betätigung drängt das Belüftungssitzventil zurück in die Schließstellung gegen den zugeordneten Ventilsitz.

[0022] Das in dessen Schließstellung federvorgespannte Verstärkungssitzventil wird durch die mechanische Sitzventil-Betätigung insbesondere ab einer vorbestimmten Öffnungsstellung aus dessen Schließstellung gedrängt und öffnet sich. Die Federvorspannung des Entlüftungssitzventils und des Verstärkungssitzventils kann durch eine gemeinsame Druckfeder gebildet sein, wodurch sich die Anzahl von Druckfedern verringert. Die gemeinsame Druckfeder stützt sich einerseits an dem Entlüftungssitzventil ab, um dies in die Schließstellung zu drängen, andererseits an dem Verstärkungssitzventil ab, um Letzteres in dessen Schließstellung zu zwingen. Jeweilige gleich bezüglich der Verlagerungsrichtung orientierte Mitnehmer der Sitzventil-Betätigung veranlassen das Öffnen des jeweiligen Sitzventils je nachdem, wie die sukzessive Mitnehmabfolge des Membranantriebs der Sitzventil-Betätigung realisiert ist.

[0023] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung stellt die Sitzventil-Betätigung nur zwei diametral entgegengesetzte Verlagerungsrichtungen, insbesondere translatorische oder rotatorische Verlagerungsrichtungen, bereit, wobei insbesondere die mechanische Sitzventilbetätigung derart mit den Sitzventilen gekoppelt ist, dass bei einer Verlagerung in einer ersten Verlagerungsrichtung:

a) das Entlüftungssitzventil aus dessen erzwungenen Schließstellung durch die mechanische Sitzventil-Betätigung verlagert wird; und/oder

b) das Belüftungssitzventil in dessen Schließstellung gezwungen bleibt; und

c) das Verstärkungssitzventil von der Sitzventil-Betätigung unbetätigt bleibt.

[0024] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfin-

dung hat die gemeinsame Sitzventil-Betätigung genau zwei diametral entgegengesetzte Verlagerungsrichtungen, insbesondere translatorische oder rotatorische Verlagerungsrichtungen, wobei insbesondere die mechanische gemeinsame Sitzventil-Betätigung mit den Sitzventilen derart gekoppelt ist, dass bei einer Verlagerung in einer zweiten, zur ersten Verlagerungsrichtung entgegengesetzten Verlagerungsrichtung:

a) das Verstärkungssitzventil und das Belüftungssitzventil aus deren erzwungenen Schließstellung durch die mechanische Sitzventilbetätigung verlagert wird; und

b) das Entlüftungssitzventil von der Sitzventil-Betätigung unbetätigt bleibt und in die Schließstellung durch Federspannung gezwungen wird, wobei insbesondere die erste und zweite Verlagerungsrichtung diametral entgegengesetzt sind.

[0025] Bei einer Weiterbildung der Erfindung mündet der wenigstens zweite pneumatische Belüftungseingang (des Verstärkungssitzventils) und die Entlüftungsöffnung längs eines Verbindungskanals in eine Doppel-Ventilkammer des Ventilgehäuses des Volumenstromverstärkers. In der Doppel-Ventilkammer sind das Entlüftungssitzventil und das Verstärkungssitzventil translatorisch beweglich gelagert. Von der Doppel-Ventilkammer erstreckt sich ein Steuerausgangskanal hin zu dem pneumatischen Steuerausgang. Zusätzlich oder alternativ mündet der pneumatische Belüftungseingang in eine Einzel-Ventilkammer, in der das erste Belüftungssitzventil insbesondere translatorisch beweglich gelagert ist und von der sich ein Zulaufkanal in den Steuerausgangskanal erstreckt, wobei insbesondere die jeweiligen Ventilsitze durch Abschnitte der Innenwandung realisiert sind, die von dem Volumenstromverstärker gebildet sind und/oder die von den Kanälen in der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers ausgebildet sind.

[0026] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist ein weiterer pneumatischer Belüftungseingang (der Verstärkungseingang) zusätzlich zu dem pneumatischen Belüftungseingang vorgesehen. Auch ein weiterer Belüftungskanal (Verstärkungskanal) für eine pneumatische Verbindung zwischen dem weiteren Belüftungseingang (den Verstärkungseingang) und dem Steuerausgang ist in der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers ausgebildet. In der Belüftungskanalverbindung (Verstärkungskanalverbindung) ist ein die Verbindung trennendes und/oder öffnendes, weiteres Verstärkungssitzventil integriert, um an eine weitere Verstärkereinheit (Booster) oder einen weiteren Stellungsreglerausgang angeschlossen zu sein. Es sei klar, dass jeder der einzelnen Belüftungs- bzw. Belüftungseingänge an einen Booster angeschlossen sein kann. Um eine möglichst funktionsumfassende Betriebsweise mit kleinen und großen Luftmengenänderungen dem erfindungsgemäßen Proportionalventil zuzuordnen, sind vorzugsweise ein Belüftungseingang an einem Stellungsregler sowie der Verstärkungseingang und der weitere Verstärkungseingang an eine Verstärkereinheit oder an jeweils eine Verstärkereinheit angeschlossen. Die oben genannte gemeinsame Sitzventilbetätigung ist dazu ausgelegt, auch das weitere Belüftungssitzventil zu betätigen und ist entsprechend an dieses gekoppelt. Die Kopplung mit dem weiteren Verstärkungssitzventil ist äquivalent bezüglich Aufbau und Betätigung der des (ersten) Verstärkungssitzventils ausgeführt, allerdings gegenüber dem weiteren Verstärkungssitzventil verlagerungsverzögert aktivierbar.

[0027] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat die Sitzventilbetätigung eine Betätigungsstange oder -welle, wobei die Betätigungsstange oder -welle in einer den Steuerausgang sowie die Belüftungs- bzw. Verstärkungseingänge bildenden kompakten Gehäusestruktur insbesondere translatorisch in Verlagerungsrichtung gelagert ist. Vorzugsweise umfasst der Volumenstromverstärker einen Positionssensor, der innerhalb des kompakten Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers derart benachbart der Sitzventilbetätigung angeordnet ist, dass er die Stellung der Sitzbetätigung erfassen kann. Der Stellungssensor kann beispielsweise als Hall-Element ausgeführt sein. Der Stellungssensor ist vorzugsweise mit dem Stellungsregler gekoppelt, um die Stellungsinformation an diesen weiterzuleiten, der auf der Basis des Ist-Stellungssignals eine Regelung durchführen kann. Insofern kann der Stellungsregler eine Regelungsprozedur durchführen, ohne direkt von der Position einer Bätigungsstange für das Stellventil abhängig zu sein, sondern indirekt über die Betätigungsstange oder -welle des Volumenstromverstärkers.

[0028] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat das Entlüftungssitzventil einen insbesondere kegelförmigen Entlüftungsventilkörper, der mit einem zugeordneten Entlüftungsventildichtsitz zusammenarbeitet, wobei insbesondere der Entlüftungsventilkörper federvorgespannt gegen den Entlüftungsventildichtsitz zum Schließen des Entlüftungssitzventils ist. Dabei kann insbesondere der Entlüftungsventildichtsitz durch einen Abschnitt der starren Gehäusestruktur des Proportionalventils realisiert sein. Vorzugsweise drückt eine Druckfeder den Entlüftungsventilkörper gegen den Entlüftungsventildichtsitz und stützt sich dabei insbesondere an einem Verstärkungsventilkörper des Verstärkungssitzventils ab. Dabei ist die Druckfeder insbesondere ausgelegt, den Entlüftungsventilkörper und den Verstärkungsventilkörper gegen den Entlüftungsventildichtsitz bzw. den Verstärkungsventilsitz zu drängen.

[0029] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat das Belüftungssitzventil insbesondere einen kegelförmigen Belüftungsventilkörper, der insbesondere einem ersten Belüftungsventildichtsitz zugeordnet ist. Eine eigene Druckfeder ist dem Belüftungsventilkörper derart zugeordnet, dass der Belüftungsventilkörper hin zu dem Belüftungsventildichtsitz und hin zu einem dem ersten Belüftungsventilkörper zugeordneten Mitnehmer der Sitz-

ventilbetätigung gedrängt wird, wobei insbesondere eine mechanische lösbare Kopplung zwischen der gemeinsamen Sitzventilbetätigung und dem Belüftungsventilkörper realisiert ist.

[0030] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Feldgerät mit dem erfindungsgemäßen pneumatischen Volumenstromverstärker, einem Stellungsregler und gegebenenfalls einem pneumatischen Antrieb, wobei das pneumatische Proportionalventil als Volumenstromverstärker an das Gehäuse des pneumatischen Antriebs unter Ausbildung einer pneumatischen Kopplung mit dem pneumatischen Steuerausgang angedockt, insbesondere angeflanscht, ist, und/oder der pneumatische Volumenstromverstärker an entsprechende Ausgänge des Stellungsreglers unter Ausbildung einer pneumatischen Kopplung mit den jeweiligen Belüftungs- und Verstärkungseingängen pneumatisch gekoppelt ist. Der Verstärkungseingang des pneumatischen Proportionalventils kann mit einem weiteren Ausgang des Stellungsreglers oder mit einem pneumatischen Verstärker, wie einem Booster, pneumatisch gekoppelt sein, um größere Luftmengenänderungen am pneumatischen Steuerausgang des Proportionalventils zu generieren. Der Stellungsregler und/oder der pneumatische Verstärker kann an dem Außengehäuse des erfindungsgemäßen Proportionalventils direkt angeflanscht sein oder es können Verrohrungen zur pneumatischen Kopplung der pneumatischen Bauelemente an dem Proportionalventil vorgesehen sein.

[0031] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Feldgerätanordnung mit einem erfindungsgemäßen pneumatischen Volumenstromverstärker, einem an dem Proportionalventil angeschlossenen Stellungsregler, der dem pneumatischen Proportionalventil ein pneumatisches Steuersignal insbesondere an einem Entlüftungseingang und einem Belüftungseingang übergibt, und einem an dem pneumatischen Proportionalventil angeschlossenen Luftverstärker, wie einem Booster, der insbesondere an dem pneumatischen Volumenstromverstärker über den Verstärkungseingang angeschlossen ist. Sollten mehrere Belüftungseingänge und/oder Verstärkungseingänge vorgesehen sein, kann jeweils für jeden Eingang ein eigener Booster oder Stellungsreglerausgang angeschlossen sein.

[0032] Vorzugsweise ist ein Belüftungsquerschnitt für das erste Belüftungssitzventil kleiner als der Belüftungsquerschnitt des wenigstens zweiten Belüftungsventils, des Dritten und der folgenden Belüftungssitzventile. Auf diese Weise soll ein feinfühliges Regelverhalten des pneumatischen Antriebs erreicht werden. Zum Öffnen mehrere Sitzventil-Querschnitte können hohe Luftmengen dem pneumatischen Antrieb zugeschaltet werden, wodurch schnelle Schaltzeiten erreicht werden können.

[0033] Dank der erfindungsgemäßen Proportionalventileinheit bzw. dem erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker sind verschiedene Ventileinsätze mit unterschiedlichen Luftmengen nutzbar, ohne dass die Baugröße der gesamten Einheit des Proportionalventils verändert werden muss.

[0034] Es sei klar, dass eine vorzugsweise mechanische Druckbegrenzung insbesondere bei dem zweiten und dritten Belüftungssitzventil vorgesehen sein kann.

[0035] In den Unteransprüchen sind bevorzugte Ausführungen angegeben.

[0036] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der Erfindung werden durch die folgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen deutlich, in denen zeigen:

Fig. 1a eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen pneumatischen Proportionalventils in einer ersten Betriebsstellung, nämlich die Entlüftung;

Fig. 1b eine schematische Querschnittsansicht des pneumatischen Proportionalventils gemäß Fig. 1a in einer weiteren Betriebsstellung, nämlich dem Regelungsbelüften;

Fig. 1c eine schematische Querschnittsansicht des erfindungsgemäßen pneumatischen Proportionalventils gemäß Fig. 1a und 1b in einer dritten Betriebsstellung, nämlich der Booster-Betriebsstellung;

Fig. 2 ein Funktionsdiagramm der verschiedenen Betriebsstellungen des erfindungsgemäßen pneumatischen Proportionalventils; und

Fig. 3 eine schematische Prinzipskizze eines in einem Feldgerät einer prozesstechnischen Anlage integrierten erfindungsgemäßen pneumatischen Proportionalventil.

[0037] In Fig. 1a bis 1c ist der erfindungsgemäße Volumenstromverstärker oder Servoventileinrichtung im Allgemeinen mit der Bezugsziffer 1 versehen. Der Volumenverstärker 1 ist eine Mehrsitzventileinrichtung mit einer kompakten Ventilsitzanordnung, die mehrere Ventilsitze bildet, nämlich ein Entlüftungssitzventil 3, ein erstes Belüftungssitzventil 5 und ein zweites Belüftungssitzventil, das auch als Boostersitzventil oder Verstärkersitzventil 7 bezeichnet werden kann.

[0038] Die drei Sitzventile 3, 5, 7 sind in einem gemeinsamen Verstärkergehäuse untergebracht, das einteilig, zweiteilig oder mehrteilig sein kann, wobei jedes Gehäuseteil mit dem anderen starr gekoppelt ist, um die Gehäuseeinheit zu bilden, wie sie beispielsweise schematisch in den Figuren 1a bis 1c gezeichnet ist. Das jeweilige Sitzventil hat die Aufgabe, einen pneumatischen Verbindungskanal zwischen einem Steuerausgang 23 und einem jeweiligen Eingang 15, 17 oder Entlüftung 13 freizugeben und zu sperren, weswegen jedes Sitzventil 3 bis 7 einen Ventilkörper 3.1, 5.1, 7.1 sowie einen Ventilsitz 3.2, 5.2, 7.2 aufweist, der gehäusefest ist. Der Ventilkörper ist relativ zu dem jeweiligen Ventilsitz beweglich,

was im Folgenden erläutert wird. Jedes Sitzventil 3 bis 7 ist durch einen beweglichen Ventilkörper sowie einen zugeordneten Ventilsitz gebildet, wobei jedes Sitzventil je nach Stellung des Ventilkörpers einen veränderlichen, sitzventilindividuellen Durchlassquerschnitt freigeben kann.

[0039] Bei dem Entlüftungssitzventil 3 ist ein kegelförmiger Entlüftungsventilkörper 3.1 vorgesehen, der mit einem zugeordneten Entlüftungsventildichtsitz 3.2 zusammenarbeitet. Bei dem Belüftungssitzventil 5 ist ein kegelförmiger Belüftungsventilkörper 5.1 vorgesehen, der einem Belüftungsventildichtsitz 5.2 zugeordnet ist. Das Boostersitzventil 7 hat einen kegelförmigen Boosterventilkörper 7.1, der einem Boosterventildichtsitz 7.2 zugeordnet ist.

[0040] Das Boostersitzventil 7 ist in einer zwischen dem Steuerausgang 23 und einem zweiten Belüftungseingang 17 (Verstärkungseingang) angeordnet, an dem ein pneumatischer Verstärker, wie ein Booster (nicht näher dargestellt), angeschlossen sein kann.

[0041] Alle drei Sitzventile 3, 5, 7, wie oben dargelegt, definieren einen veränderbaren und schließbaren Durchlassquerschnitt Q_1, Q_2, Q_3 der durch den Ventilkörper 3.1, 5.1, 7.1 veränderbar ist.

[0042] Wie in Fig. 1a bis 1c ersichtlich, sind die Ventildichtsitze 3.2, 5.2, 7.2 allesamt durch ortsfeste Gehäuseabschnitte gebildet, welche dem erfindungsgemäßen pneumatischen Volumenstromverstärker 1 in eine Montageeinheit bilden. Sämtliche pneumatische Leitungen zwischen den einzelnen Sitzventilen 3, 5, 7 sind durch Kanäle innerhalb der Gehäuseblockstruktur realisiert. Die jeweiligen Ventildichtsitze 3.2, 5.2, 7.2 sind beispielsweise durch Innenvorsprünge realisiert, relativ zu denen die jeweiligen Ventilkörper 3.1, 5.1, 7.1 beweglich gelagert sind.

[0043] Wie in Fig. 1a bis 1c ersichtlich ist, werden sämtliche Ventilkörper 3.1, 5.1 und 7.1 durch eine Betätigungsstange zumindest geführt, insbesondere in einer geraden Stelllängsrichtung geführt, und zumindest teilweise betätigt.

[0044] Es sei darauf hingewiesen, dass bei der in Fig. 1a bis 1c dargestellten Ausführung des erfindungsgemäßen pneumatischen Volumenstromverstärkers genau nur ein (1) Boostersitzventil 7 vorgesehen ist. Es sei klar, dass auch zwei, drei oder mehrere Verstärker- bzw. Boostersitzventile 7 in dem Volumenstromverstärker 1 untergebracht sein können, die zu unterschiedlichen Stellpositionen der Betätigungsstange 11 aktiviert bzw. deaktiviert sind, entsprechend der Funktionsweise des einen Boostersitzventils 7, das in der Figurenreihe 1a bis 1c beschrieben ist. Sollten mehrere Boostersitzventile 7 vorgesehen sein, so werden diese nacheinander je nach Stellung der Betätigungsstange verlagerungsversetzt betätigt.

[0045] Mit der kompakten Bauweise des Volumenstromverstärkers 1 gemäß der Konstruktion nach Fig. 1a bis 1c ist es möglich, eine Außenverrohrung zwischen dem pneumatischen Antrieb, dem pneumatischen Stellungsregler und dem Proportionalventil vollkommen auszuschließen, da das Proportionalventil 1 unmittelbar an das pneumatische Antriebsgehäuse und/oder an das Stellungsreglergehäuse anflanschbar ist. Die blockartige Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers 1 hat eine Eingangsseite, die auch als Stellungsreglerseite bezeichnet werden kann, und an der ein nicht näher dargestellter Stellungsregler angeflanscht werden kann. Dabei hat die Eingangsseite 10 ein Eingangsbild, das mit dem Ausgangsbild des Stellungsreglers spiegelbildlich übereinstimmen kann, um die jeweiligen Eingänge des Volumenstromverstärkers 1 zu bedienen. Im Detail hat die Eingangsseite eine Entlüftungsöffnung 13, einen ersten pneumatischen Eingang, nämlich einen Belüftungseingang 15, der mit einer Druckluftversorgung 91 direkt gekoppelt sein kann oder an ein pneumatisches Steuerausgangssignal Y_2 des Stellungsreglers 63 anzuschließen ist oder an einem weiteren Booster (67) gekoppelt ist, sowie einen zweiten pneumatischen Eingang, nämlich einen Verstärkungseingang 17, der direkt mit der Druckluftversorgung 91 (beispielsweise 6 bar) gekoppelt ist oder mit einem pneumatischen Booster (nicht dargestellt) verbunden ist. Die Druckluftversorgung 91 sowie der pneumatische Booster können in Reihe hintereinander geschaltet sein. Sollten mehrere pneumatische Verstärker, wie Booster, vorgesehen sein, können mehrere Verstärkungseingänge und entsprechende Kanäle, die zu Ventilsitzen führen, vorgesehen sein. Schließlich hat die Eingangsseite 10 einen dritten pneumatischen Eingang, einen Membranantriebseingang 35, an den ein pneumatisches Steuerausgangssignal Y_1 empfangen werden kann.

[0046] Des Weiteren hat die Ventilgehäuseeinheit des erfindungsgemäßen Volumenstromverstärkers 1 eine Ausgangsseite 21, welche auch als Antriebsseite bezeichnet werden kann, und an der das erfindungsgemäße Proportionalventil 1 an einem pneumatischen Stellantrieb (nicht näher dargestellt) angeschlossen werden kann. Die Ausgangsseite hat genau einen pneumatischen Steuerausgang 23, wobei auch weitere Steuerausgänge für den erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker vorgesehen sein können.

[0047] Sowohl die Entlüftungsöffnung 13 als auch der erste pneumatische Belüftungseingang 15 als auch der zweite Belüftungseingang oder erste pneumatische Verstärkungseingang 17 sind über eine jeweilige pneumatische Kanalverbindung mit dem pneumatischen Steuerausgang 23 verbunden, wobei das jeweilige Sitzventil 3, 5, 7 die pneumatische Kanalverbindung unterbrechen und freigeben kann.

[0048] Der erfindungsgemäße Volumenstromverstärker 1 hat eine gemeinsame Sitzventil-Betätigung, die auf alle Sitzventile 3 bis 7 mechanisch einwirkt, um entweder eine Betätigung zu vermeiden, eine Verlagerung zu führen oder eine Verlagerung beispielsweise durch Mitnahme zu bewirken. Die gemeinsame Sitzventilbetätigung umfasst bei der dargestellten Ausführung einen Membranantrieb 31, der in der Längsrichtung gesehen an ei-

nem Ende der Gehäuseeinheit des Volumenstromverstärkers 1 angeordnet sein kann. Der Membranantrieb 31 hat eine pneumatische Arbeitskammer 33, die an einem weiteren pneumatischen Membranantriebseingang 35 an der Eingangsseite 10 angeschlossen ist. Die Arbeitskammer 33 empfängt über den Membranantriebseingang 35 das pneumatische Steuersignal Y_1, das sich von dem über den ersten pneumatischen Belüftungseingang 15 dem Proportionalventil 1 zugeführte Steuerungssignal Y_2 unterscheidet. Bei einer Ausführung, die insbesondere in Figur 3 angedeutet ist, kann ein separates Sicherheitsventil 34 direkt an den Membranantriebseingang 35 angeschlossen sein, wobei das pneumatische Regelungssignal Y_2 nur an dem Belüftungseingang 15 zugeführt wird. Mittels des Sicherheitsventils 34 kann der Membranantriebseingang 35 und die Arbeitskammer 33 zwangsentlüftet werden. In diesem Fall drängt die Antriebsfeder 40 die Betätigungsstange 11 in Richtung X_1, sodass das Entlüftungssitzventil 3 geöffnet wird sowie das Belüftungssitzventil 5 und das Boostersitzventil 7 geschlossen werden. Folglich fährt der pneumatische Stellantrieb 73 das zu betätigende Prozessventil in eine Sicherheitsstellung.

[0049] Der Membranantrieb 31 hat des Weiteren eine (Niederdruck-)Federrückstellkammer 39, wobei auch eine ausschließlich pneumatisch betriebene Rückstellkammer vorgesehen sein kann. In diesem Fall ist ein weiterer Antriebseingang vorgesehen, der in der in Fig. 1a bis 1c dargestellten Ausführung nicht vorgenommen ist. Die Rückstellkammer 39 ist pneumatisch und der Kanal 38 mit der Entlüftungsöffnung 13 gekoppelt.

[0050] Wie in Fig. 1a bis 1c ersichtlich ist, ist der Membranantrieb 31 mit einem die beiden Arbeitskammern 33 begrenzenden Membranteller ausgebildet, an dem eine Stellstange 11 befestigt ist, so dass je nach Druckbeaufschlagung der Arbeitskammer 33 die Stellstange 11 in translatorischer Richtung X linear gestellt werden kann. Dabei wird die eine gerade Verlagerungsrichtung (Verlagerungshinrichtung) mit X_2 bezeichnet, wobei die gegenläufige, gerade Verlagerungsrichtung (Verlagerungsherrichtung) mit X_1 bezeichnet sein soll.

[0051] Das Entlüftungssitzventil 3 sowie das Boostersitzventil 7 sind über eine gemeinsame Druckfeder in entgegengesetzten Verlagerungsrichtungen X_1 und X_2 federvorgespannt. Die gemeinsame Druckfeder drückt den Ventilkörper 3.1 entweder gegen den Entlüftungsdichtsitz 3.2 oder einen Entlüftungsmitnehmer 47, der an der Betätigungsstange ortsfest angebracht ist. Die gemeinsame Druckfeder 41 drückt den Boosterventilkörper 7.1 gegen den zugeordneten Boosterdichtsitz 7.2 oder den Boostermitnehmer 51. In dem in Fig. 1a dargestellten Entlüftungsbetriebszustand des Volumenstromverstärkers 1 ist der Entlüftungsventilkörper 3.1 gegen den Entlüftungsmitnehmer 47 durch die Druckfeder 41 gezwungen, während der Boosterventilkörper 7.1 gegen den Boosterdichtsitz 7.2 gedrückt ist.

[0052] Der Ventilkörper 3.1 wird stets dann geöffnet, wenn der Antriebseingang 35 entlüftet wird, wobei in diesem Betriebszustand das Belüftungssitzventil 5 und das Boostersitzventil 7 geschlossen sind. Die gemeinsame Druckfeder 41 stützt sich einerseits an dem Entlüftungsventilkörper 3.1, andererseits an dem Verstärkungsventilkörper 5.1 ab.

[0053] In diesem Betriebszustand (Entlüftungszustand gemäß Figur 1a) ist der Belüftungsventilkörper 5.1 durch eine Druckfeder 43 gegen den zugeordneten Belüftungsdichtsitz 5.2 gedrückt, wobei, wie in Fig. 1a ersichtlich ist, ein in Verlagerungsrichtung X noch leicht versetzter Belüftungsmitnehmer 49 noch nicht im Mitnahmeeingriff mit dem Belüftungsventilkörper 5.1 steht.

[0054] Die Druckfeder 43 stützt sich an dem Gehäuse und an dem Belüftungsventilkörper 7.1 ab und drängt den Belüftungsventilkörper 7.1 in die Verlagerungsherrichtung X_1.

[0055] Die Stellstange 11 trägt den Entlüftungsmitnehmer 47, der als vorspringender Absatz ausgebildet sein kann. Für das (erste) Belüftungssitzventil 5 ist der erste Belüftungsmitnehmer 49 an der Stellstange 11 vorgesehen. Schließlich ist für das Verstärkungssitzventil 7 der eigene Boostermitnehmer 51 vorgesehen, der mit dem Ventilkörper 7.1 des Verstärkungsbelüftungssitzventils 7 zusammenarbeitet.

[0056] Der Entlüftungsmitnehmer 47 hat die Aufgabe, den federvorgespannten Ventilkörper 3.1 des Entlüftungsventils 3 aus einer Schließstellung, wie in Fig. 1a ersichtlich ist, mitzunehmen, um die Entlüftungsöffnung 13 direkt mit dem Steuerausgang 23 pneumatisch zu verbinden und damit den pneumatischen Antrieb zu entlüften. Bei der Verlagerung der Stellstange 11 in Verlagerungsherrichtung X_1, also bei entsprechendem Empfang eines Entlüftungssignals in der Arbeitskammer 33 über den Entlüftungseingang 13, drängen die Membranantriebsdruckfedern 40 die Stellstange 11 in Verlagerungsherrichtung X_1, wodurch der Entlüftungsmitnehmer 47 den Ventilkörper 3.1 mitnimmt, wodurch die Entlüftungskopplung zwischen der Entlüftungsöffnung und dem Steuerausgang 23 realisiert ist.

[0057] Im Folgenden wird der Belüftungsbetriebszustand insbesondere anhand von Fig. 1b erläutert:

> Bei Beaufschlagung der Arbeitskammer 33 des Membranantriebs 31 mit einem entsprechenden pneumatischen Stellsignal von einem (in Fig. 1b) nicht näher dargestellten Stellungsregler über den Antriebseingang 35 wird die Stellstange 11 in Verlagerungshinrichtung X_2 (nach oben) verlagert, was durch die Druckfeder 41 veranlasst ist. Der Entlüftungsventilkörper wird von der gemeinsamen Druckfeder 41 gegen den Entlüftungsmitnehmer 47 so lange gedrückt, bis der Entlüftungsventilkörper 3.1 in einen Dichtkontakt mit dem Entlüftungsdichtsitz 3.2 gelangt, wodurch das Entlüftungssitzventil 3 geschlossen ist. Der Entlüftungszustand des pneumatischen Antriebs ist beendet.

[0058] Mit der Verlagerung der Stellstange 11 in Ver-

lagerungshinrichtung X_2 geht eine Verlagerung in dieser Verlagerungshinrichtung X_2 für den Belüftungsventilkörper 5.1 einher, sodass das Belüftungssitzventil geöffnet wird. Der Durchlassquerschnitt Q_1 bestimmt die Stärke des pneumatischen Ausgangssignals am Steuerausgang 23, mit dem der pneumatische Stellantrieb betätigt wird.

[0059] Im Falle eines starken Stelldrucksignals in der pneumatischen Arbeitskammer 33 des Membranantriebs 31 wird die Stellstange 11 deutlich in Verlagerungshinrichtung X_2 überlagert, wodurch auch der Ventilkörper 7.1 des Verstärkungssitzventils 7 geöffnet wird, wodurch das über den Verstärkungseingang 17 freigestellte pneumatische Verstärkungssignal dem Steuerausgang 23 zur Verfügung gestellt wird. Auf diese Weise wird eine deutliche pneumatische Volumenstromerhöhung für den pneumatischen Stellantrieb zur Verfügung gestellt.

[0060] Des Weiteren hat der erfindungsgemäße Volumenstromverstärker 1 einen Sensor 55, der in einem Hohlraum 53 untergebracht ist und die Stellung der Stellstange 11 berührungslos erfassen kann.

[0061] In Fig. 2 ist die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Proportionalventils 1 im Rahmen eines Diagramms verdeutlicht, das insbesondere die Servoverstärkerfunktion des Volumenstromverstärkers darstellt.

[0062] Die Abszisse des Diagramms stellt die Stellverlagerung des Membranantriebs mit $S_{Membran}$ zwischen 0 % (Entlüftung) und 100 % (Vollbelüftung) dar. Die Ordinate gibt die Verlagerung der jeweiligen Ventilkörper 3.1, 5.1 oder 7.1 des Entlüftungssitzventils 3, des Belüftungssitzventils 5 und des Boostersitzventils 7 an. Die verschiedenen unterbrochenen Kennlinien geben die Verlagerung der jeweiligen Ventilkörper 3.1, 5.1, 7.1 an. Die punktierte Linie gibt die Verlagerung des Entlüftungsventilkörpers 3.1 in Abhängigkeit von der Stellverlagerung des Membranantriebs $S_{Membran}$ an. Die kurzgestrichelte Linie zeigt die Verlagerung des Boosterventilkörpers 7.1 in Abhängigkeit von der Verlagerung des Membranantriebs an. Die langgestrichelten Linien zeigen zwei Varianten für zwei unterschiedlich konzeptionierte Belüftungssitzventile 5.

[0063] Längs des Stellwegs S_1 wird das Entlüftungsventil 3 allmählich geschlossen, das von der 100%-Öffnungsstellung bis zur 0%-Schließstellung verlagert wird. Bei S_1 ist das Entlüftungsventil 3 noch nicht ganz verschlossen, allerdings beginnt das Belüftungssitzventil 5 aktiv zu werden und den Steuerausgang mit einem Volumenstrom zu beaufschlagen. Dabei kann eine schnelle Öffnungsbewegung (5.1b) oder eine geringere Öffnungsgeschwindigkeit (5.1a) je nach Auslegung des Belüftungssitzventils 5 realisiert sein, was durch die beiden Langstrichlierten Linien 5.1a, 5.1b verdeutlicht sein soll. Das Boostersitzventil 7 ist innerhalb des Stellwegbereichs S_2 (noch) inaktiv. In diesem Stellwegbereich S_2 werden kleine Luftmengen dem Steuerausgang 23 zugeführt, wodurch eine präzise Verlagerung ohne Überschwingrisiko erreicht wird.

[0064] In dem Stellwegbereich S_2 ist das Entlüftungsventil noch geöffnet. Über den Stellwegbereich S_2 hinaus ist das Entlüftungsventil 3 stets geschlossen. Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist das Entlüftungssitzventil 3 derart eingestellt, dass es nicht vollständig in die 100% offenen Stellung fahren wird, sondern der Entlüftungsmitnehmer 47 ist so platziert, dass er den Entlüftungsventilkörper 3.1 nicht vollständig öffnen kann. Folglich kann der Entlüftungsventilkörper 3.1 nicht die 100%-Stellung einnehmen, was durch den Stellwegverlauf a angedeutet sein soll. Auf diese Weise soll eine Betätigung des Entlüftungssitzventils 3 vermieden werden.

[0065] Ab dem Stellweg S_2 bis zum Ende des Stellwegbereichs S_3 ist ausschließlich das Belüftungsventil 5 geöffnet, um am Steuerausgang 23 den geregelten Stelldruck dem nicht dargestellten Stellantrieb mitzuteilen. Gemäß der schnellen Öffnungsbewegung (5.1b) bewegt sich das Belüftungssitzventil 5 in diesem Bereich zwischen 40 % und 90 % der maximalen Öffnungsstellung. Gemäß der langsamen Öffnungsbewegung (5.1a) bewegt sich das Belüftungsventil in diesem Bereich zwischen 20 % und 50 % der maximalen Öffnungsstellung. Durch konstruktive Einstellung des Belüftungssitzventils 5 kann das Belüftungsvolumen innerhalb des Stellwegbereichs S_3 eingestellt werden, ohne dass die Pneumatik des vorgeschalteten Stellungsreglers verändert sein müsste. Auf diese Weise kann ein standardisierter Stellungsregler individuell auf Stellantriebs- und/oder Betriebsbesonderheiten individualisiert werden.

[0066] Um ein schnelles Zuschalten eines Stelldrucks für den pneumatischen Antrieb zu ermöglichen, ist ab dem Stellweg S_3, etwa bei 60 % des Stellwegs ($S_{Membran}$) der Stellstange 11 in Stellverlagerungshinrichtung X_2 eine Boosterluftzufuhr (7.1) aktiviert. Der Stellungsregler 63 mit der Boosterluftzufuhr kann eine abrupte, aus der kontinuierlichen Belüftungsänderung abweichende Erhöhung des Volumenstroms und des Volumendrucks innerhalb des Stellwegbereichs S_4 erreichen.

[0067] Um eine Begrenzung für das Boosterbelüften zu ermöglichen und damit einer Beschädigung des Boostersitzventils und des Stellantriebs vorzubeugen, kann eine Begrenzung (Bereich Z), (Lage des Mitnehmers 51) für das Boosterventil 7 vorgesehen sein, die ein vollständiges Öffnen des Boostersitzventilkörpers 7.1 verhindert.

[0068] Die Stellwege S_1, S_2, S_3, S_4 und die Übergänge von Entlüften zu Belüften sowie zwischen Belüften und Verstärken, ob hintereinander folgend oder mit Überschneidungen, sind für den Konstrukteur einstellbar, je nachdem wie der Membranantriebhub und die Mitnehmer 47, 51, 49 zusammenwirken und insbesondere mit der Ventilkennlinie abgestimmt sind.

[0069] In Figur 3 ist ein erfindungsgemäßes Feldgerät 81 oder Feldgerätanordnung mit dem erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker 1 ausgestattet. Die strukturelle Grenze des Proportionalventils 1 ist punktiert angedeutet und ist durch die in Fig. 3 nicht näher dargestellte Gehäusestruktur gebildet, welche die Eingänge/Öffnungen 13, 15, 17, 23 und 35, wie sie oben genannt

sind, definiert. Die Gehäusestruktur kann an eine andere separate Gehäusestruktur beispielsweise des Stellungsreglers 63, des Stellantriebs 73 oder der Stellarmatur 65 des Feldgeräts 81 angeflanscht sein, wodurch eine pneumatische Verrohrung zwischen dem Stellungsregler 63 und dem Volumenstromverstärker 1 entfällt.

[0070] In dem Volumenstromverstärker 1 sind das Entlüftungsventil 3, das Belüftungs- oder Regelungssitzventil 5 und das Boostersitzventil 7 schematisch skizziert, wobei dessen Antriebsfeder 40 ebenfalls angedeutet ist. Die Entlüftungsöffnung 13 ist an eine atmosphärische Drucksenke 61 angeschlossen. Der Belüftungs- oder Regelungseingang 35 ist an einem Regelungsausgang y_1 des Stellungsreglers 63 angeschlossen, der von einer nicht dargestellten Leitwarte ein Sollstellsignal t erhält. Zusätzlich empfängt der Stellungsregler 63 Positionsdaten p_1, über die Stellung der Stellarmatur, die von einer von dem Stellantrieb 73 angetriebenen Stellantriebsstange 65 betätigt ist. Des Weiteren empfängt der Stellungsregler 63 Positionsdaten p_2 von einem Sensor 55, der die Betätigungsstange 11 des Membranantriebs 31 des Volumenstromverstärkers 1 abtastest. Der Stellungsregler 63 hat einen zweiten pneumatischen Ausgang, über den das weitere pneumatische Stellsignal Y_2 abgebbar ist, das gegenüber dem an dem Ausgang abgegebenen pneumatischen Stellausgangssignal Y_1 vollkommen unabhängig erzeugt und geregelt sein kann, und mit dem der pneumatischer Verstärker (Booster) 67 angesteuert wird.

[0071] Der Stellungsregler 63 kann mehrere pneumatische Steuerausgänge Y_i aufweisen, wie es beispielsweise in einem spezifischen Stellungsregler realisiert ist, der in der Patentanmeldung DE 10 2012 021 387.5 beschrieben ist, welche Patentanmeldung Teil der Offenbarung der vorliegenden Anmeldung sein soll.

[0072] Der pneumatische Verstärker 7 hat den Verstärkungscharakter κ, der ein pneumatisches Verstärkungssignal über den Verstärkungseingang 17 dem Volumenstromverstärker 1 zuführt.

[0073] Der pneumatische Steuerausgang 23 ist an eine Stellantriebskammer 71 des pneumatischen Stellantriebs 73 angeschlossen, der ein nicht näher dargestelltes Stellventil der prozesstechnischen Anlage durch die Stellstange 65 betätigt.

[0074] Schaltet das Sicherheitsventil 34, dann wird der Membran-Antriebseingang 35 entlüftet, wobei aufgrund der Antriebsfedern 40 des Membranantriebs 31 die Entlüftung durch das Entlüftungssitzventil 3 ausgelöst wird.

[0075] Das Sicherheitsventil 34 kann die Entlüftung des Membranantriebs 31 und damit des Volumenstromverstärkers 1 und damit des Stellantriebs 73 veranlassen, um ein schnelles und unabhängiges Schalten in die Sicherheitsstellung zu erreichen.

[0076] In einem ersten Betriebszustand, bei dem das Entlüftungssignal am Membranantriebseingang 35 anliegt, drücken die Antriebsfedern 40 des Membranantriebs 31 die Tellermembran, an dem die Betätigungsstange 11 befestigt ist, in Verlagerungsherrichtung X_1, so dass das Entlüftungsventil 3 aus dessen Schließstellung mitgenommen und geöffnet ist (Fig. 1a). Der Steuerausgang 23 wird über die Entlüftungsöffnungen 13 dem Atmosphärendruck ausgesetzt, so dass der pneumatische Stellantrieb 73 pneumatisch direkt mit der Drucksenke 61 gekoppelt ist.

[0077] Sollte kein Entlüftungssignal bei 35 anlegen, wird gemäß einem zweiten Betriebszustand ein geregeltes Stellsignal (mit kleiner Luftmenge) von dem Stellungsregler 63 dem Belüftungseingang 35 zugeführt. Das Entlüftungsventil 3 schließt entgegen den Antriebsfedern des Membranantriebs 31. Aufgrund der Verlagerung der Betätigungsstange 11 in Verlagerungshinrichtung X_2 öffnet das erste Belüftungssitzventil 5, wie in Figur 1b dargestellt ist, wodurch der pneumatische Steuerausgang 23 mit einem Stellregeldruck beaufschlagt ist, der durch die Charakteristika des Volumenstromverstärkers 1 mit festgelegt wird und an die pneumatische Arbeitskammer 71 des Stellantriebs 73 weitergeleitet wird. Über ein weiteres pneumatisches separates Stellsignal Y_2 kann zum Beispiel der zusätzliche Booster 67 aktiviert werden. Bei einer Weiterverlagerung der Betätigungsstange 11 in Verlagerungshinrichtung X_2 wird nun auch das Verstärkungssitzventil 7 geöffnet. Auf diese Weise werden große Luftmengen an den pneumatischen Steuerausgang 23 übergegeben.

[0078] Erfindungsgemäß ist es möglich, mit einer mechanischen Pneumatikeinheit insbesondere ohne Elektronikkomponenten in dem erfindungsgemäßen Proportionalventilbetrieb flexibel eine Notentlüftung, eine Regelungsbelüftung und eine Boosterbelüftung einzustellen. Nur eine Elektronikkomponente in Form eines Positionssensors, der die Stellung der die Sitzventil-Betätigung erfassen kann, kann vorgesehen sein. Weitere Elektronikkomponenten insbesondere zur Schaltung des pneumatischen Verstärkers sowie der Regelungsbelüftung sind bei dem erfindungsgemäßen Volumenstromverstärker 1 obsolet. Es könnten weitere Elektronikkomponenten, wie ein Grenzkontakt, beispielsweise ein Reed-Kontakt, montiert werden, um das Einnehmen der Sicherheitsstellung oder Notstellung zu signalisieren. Auch ein getrenntes, zertifiziertes Stellsignal kann ausgegeben werden, um die Sicherheitsfunktion des Volumenstromverstärkers getrennt zum Beispiel über einen Partial-Stroke-Test (PST) zu diagnostizieren.

[0079] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Figuren und den Ansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Realisierung der Erfindung in den verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

[0080]

1	Volumenstromverstärker
3	Entlüftungssitzventil
3.1	Entlüftungsventilkörper

3.2	Entlüftungsdichtsitz
5	Belüftungssitzventil
5.1	Belüftungsventilkörper
5.2	Belüftungsdichtsitz
7	Boostersitzventil
7.1	Boosterventilkörper
7.2	Boosterdichtsitz
10	Eingangsseite
11	Betätigungsstange
13	Entlüftungsöffnung
15	Belüftungseingang
17	Verstärkungseingang
21	Ausgangsseite
23	Steuerausgang
31	Membranantrieb
33	Arbeitskammer
34	Sicherheitsventil
35	Membranantriebseingang
39	Rückstellkammer
40	Antriebsfedern
41, 43	Druckfeder
47	Entlüftungsmitnehmer
49	Belüftungsmitnehmer
51	Mitnehmer
53	Hohlraum
55	Sensor
61	Drucksenke
63	Stellungsregler
65	Stellstange
67	pneumatischer Verstärker (Booster)
71	Stellantriebskammer
73	pneumatischer Stellantrieb
81	Feldgerät
91	Druckluftversorgung
κ	Verstärkungscharakter
p_1, p_2	Positionsdaten
Y_1, Y_2, Y_i	pneumatischer Regelungsausgang (-signal)
Q_1, Q_2	Durchlassquerschnitt
X_1	Verlagerungsherrichtung
X_2	Verlagerungshinrichtung
a, z	Stellwegbegrenzung
t	Sollstellsignal

Patentansprüche

1. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) zum Verstärken eines pneumatischen Stelldruckausgangssignals eines Stellungsreglers, der einen pneumatischen Antrieb, wie einen pneumatischen Stellantrieb (73), zum Betätigen einer Stellarmatur, wie eines Stellventils, einer prozesstechnischen Anlage, wie einer petrochemischen Anlage, einer Lebensmittelverarbeitungsanlage, wie eine Brauerei, oder dergleichen, belüftet und/oder entlüftet, umfassend:

- einen pneumatischen Steuerausgang (23) zum Anschluss an eine pneumatische Arbeitskammer des pneumatischen Antriebs;
- einen pneumatischen Belüftungseingang (15) insbesondere zum Empfangen eines pneumatischen Stelldruckausgangssignals (Y_2) eines Stellungsreglers (63);
- wenigstens einen pneumatischen Verstärkungseingang (17), insbesondere zum Empfangen eines insbesondere konstanten pneumatischen Luftverstärkungssignals, wie eines Boostersignals;
- eine pneumatische Entlüftungsverbindung von dem Steuerausgangs (23) zu einer Drucksenke (61) zum Entlüften des Stellantriebs (73);
- ein die pneumatische Entlüftungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Entlüftungssitzventil (3);
- eine pneumatische Belüftungsverbindung zwischen dem ersten Belüftungseingang (15) und dem Steuerausgang (23);
- ein die pneumatische Belüftungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Belüftungssitzventil (5);
- eine pneumatische Verstärkungsverbindung zwischen dem Verstärkungseingang (17) und dem Steuerausgang (23);
- ein die pneumatische Verstärkungsverbindung trennendes und/oder öffnendes Verstärkungssitzventil (7); und
- eine mechanische Sitzventil-Betätigung zum gemeinsamen Betätigen des Entlüftungssitzventils (3), des ersten Belüftungssitzventils (5) und des Verstärkungssitzventils (7).

2. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach Anspruch 1, bei dem die gemeinsame Sitzventil-Betätigung einen Membranantrieb (31) aufweist, der mit dem Entlüftungssitzventil (3), dem ersten Belüftungssitzventil (5) und dem Verstärkungssitzventil (7) mechanisch gekoppelt ist, wobei insbesondere die mechanische Koppelung derart gestaltet ist, dass der Membranantrieb (31) gegenüber jedem Sitzventil (3, 5, 7) in einer Verlagerungsrichtung (X_1; X_2) des Membranantriebs frei laufen kann und in einer gegenläufigen Verlagerungsrichtung (X_2; X_1) des Membranantriebs (31) bei Erreichen und Überschreiten einer vorbestimmten, insbesondere sitzventilindividuellen Antriebsstellung des Membranantriebs (31) das jeweilige Sitzventil (3, 5, 7) betätigt, insbesondere mitnimmt, wobei insbesondere in einer Verlagerungshinrichtung (X_2) des Membranantriebs (31) das Entlüftungssitzventil (3) frei läuft und das Belüftungssitzventil (5) und das Verstärkungssitzventil (7) durch den Membranantrieb (31) betätigtbar sind, während insbesondere in einer der Ver-

lagerungshinrichtung (X_2) gegenläufigen Verlagerungsherrichtung (X_1) des Membranantriebs (31) das Belüftungssitzventil (5) sowie das Verstärkungssitzventil (7) frei laufen und das Entlüftungssitzventil (3) durch den Membranantrieb (31) betätigbar ist.

3. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) nach Anspruch 2, bei dem der Membranantrieb (31) mit einer pneumatischen Arbeitskammer (33) und einer Rückstellkammer (9) ausgebildet ist, wobei insbesondere der Membranantrieb (31) über einen gegenüber dem Belüftungseingang (15) und Verstärkungseingang (17) unterschiedlichen pneumatischen Membranantriebseingang (35) ein insbesondere weiteres pneumatisches Steuersignal (Y_1) empfängt, das dazu dient, den Membranantrieb (31) zu steuern, um dem Volumenstromverstärker (1) in den jeweiligen Betrieb, wie Regelungsverhalten oder Verstärkungsverhalten, zu schalten, wobei insbesondere der Schaltpunkt des Zuschaltens der Luftverstärkung durch Aktivierung des Verstärkungssitzventils (7), insbesondere durch das in Eingriff Kommen der Sitzventilbetätigung mit dem Verstärkungssitzventil (7), realisiert ist.

4. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach Anspruch 2 oder 3, bei dem der Membranantrieb (31) in einer insbesondere abgeschlossenen Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) untergebracht ist, wobei insbesondere eine insbesondere an der Gehäusestruktur in Verlagerungsrichtung (X_1; X_2) längsverschieblich gelagerte Betätigungsstange (11) mit einer die Kammern (33, 39) des Membranantriebs (31) trennenden Membran gekoppelt ist, um die Betätigungsstange (11) in einer translatorischen Verlagerungsrichtung (X_1; X_2) entsprechend dem über den Membranantriebseingang (35) empfangenen pneumatischen Steuersignal von dem Stellungsregler (63) zu stellen.

5. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die gemeinsame Sitzventil-Betätigung ein Betätigungsglied, wie eine Betätigungsstange (11) oder eine Betätigungswelle, aufweist, das insbesondere von dem Membranantrieb (31) betrieben ist, wobei insbesondere das Betätigungsglied gegenüber dem Belüftungssitzventil (5) und dem Verstärkungssitzventil (7) in einer Verlagerungsrichtung (X_1), insbesondere allen Sitzventilen (3, 5, 7), freilaufend strukturiert ist und insbesondere für jedes Belüftungssitzventil (5, 7, insbesondere allen Sitzventilen (3, 5, 7), einen zugeordneten, betätigungsgliedfesten Mitnehmer aufweist, um das jeweilige Sitzventil (3, 5, 7) nur in einer der beiden Verlagerungsrichtungen (X_1; X_2) mitzunehmen.

6. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die gemeinsame mechanische Sitzventil-Betätigung das vorzugsweise in dessen Schließstellung federvorgespannte Entlüftungssitzventil (3) aus dessen Schließstellung mitnimmt sowie öffnet und/oder bei dem die gemeinsame mechanische Sitzventilbetätigung das vorzugsweise in dessen Schließstellung federvorgespannte Belüftungssitzventil (5) aus dessen Schließstellung mitnimmt sowie öffnet und/oder bei dem die gemeinsame mechanische Sitzventilbetätigung das vorzugsweise in dessen Schließstellung federvorgespannte Verstärkungssitzventil (7) aus dessen Schließstellung mitnimmt sowie öffnet, wobei insbesondere die jeweilige Mitnahme des Entlüftungssitzventils (3), des Belüftungssitzventils (5) und/oder des Verstärkungssitzventils (7) abhängig von dem Verlagerungsweg der mechanischen Sitzventilbetätigung ist, wobei insbesondere eine Federvorspannung des Entlüftungssitzventils (3) und des Verstärkungssitzventils (7) durch eine gemeinsame Druckfeder gebildet ist, die sich einerseits an dem Entlüftungssitzventil (3) und andererseits an dem Verstärkungssitzventil (7) abstützt.

7. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Sitzventil-Betätigung nur zwei diametral entgegengesetzte Verlagerungsrichtungen (X_1; X_2), insbesondere translatorische oder rotatorische Verlagerungsrichtungen, aufweist, wobei insbesondere die gemeinsame mechanische Sitzventil-Betätigung derart mit den Sitzventilen (3, 5, 7) gekoppelt ist, dass bei einer Verlagerung in eine erste Verlagerungsrichtung (X_1)

a) nur das Entlüftungssitzventil (3) aus dessen erzwungenen Schließstellung durch die mechanische Sitzventil-Betätigung verlagert wird; und/oder
b) das Belüftungssitzventil (5) in dessen Schließstellung gezwungen wird; und
c) das Verstärkungssitzventil (7) in dessen Schließstellung gezwungen wird.

8. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Sitzventil-Betätigung genau zwei diametral entgegengesetzte Verlagerungsrichtungen (X_1; X_2), insbesondere translatorische oder rotatorische Verlagerungsrichtungen, aufweist, wobei insbesondere die mechanische Sitzventil-Betätigung derart mit den Sitzventilen (3, 5, 7) gekoppelt ist, dass bei einer Verlagerung in einer zweiten Verlagerungsrichtung (X_2)

a) das Verstärkungssitzventil (7) aus dessen erzwungenen Schließstellung durch die mechanische Sitzventil-Betätigung verlagert wird;

und/oder
b) das erste Belüftungssitzventil (5) aus dessen erzwungenen Schließstellung durch die mechanische Sitzventil-Betätigung verlagert wird; und
c) das Entlüftungssitzventil (3) von der Sitzventil-Betätigung unbetätigt frei laufen können,

wobei insbesondere die erste und zweite Verlagerungsrichtung (x_1; x_2) entgegengesetzt sind.

9. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der pneumatische Verstärkungseingang (17) und die Entlüftungsöffnung (13) längs eines jeweiligen Verbindungskanals in eine Doppelventil-Kammer der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) münden, in der sowohl das Entlüftungssitzventil (3) als auch das Verstärkungssitzventil (7) beweglich in Verlagerungsrichtung (X_1, X_2) gelagert sind und von der sich ein gemeinsamer Steuerausgangskanal hin zu dem pneumatischen Steuerausgang (23) erstreckt, und/oder bei dem der pneumatische Belüftungseingang (15) in eine Einzelventil-Kammer mündet, in der das Belüftungssitzventil (5) beweglich gelagert ist und von der sich ein Zulaufkanal hin zu dem Steuerausgang (23) erstreckt, wobei insbesondere die jeweiligen Ventilsitze (3.2, 5.2, 7.2) durch eine Gehäuseinnenwandung der jeweiligen Ventilkammer gebildet sind und/oder die jeweiligen Kanäle in einer Gehäuseblockstruktur des Volumenstromverstärkers (1) ausgebildet sind.

10. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein weiterer pneumatischer Verstärkungseingang, an dem insbesondere eine konstante Druckluftversorgung angeschlossen ist, und ein weiteres, eine weitere pneumatische Verstärkungsverbindung zwischen dem weiteren Verstärkungseingang und dem Steuerausgang (23) trennendes und/oder öffnendes Verstärkungssitzventil, insbesondere ein zweites Boostersitzventil, vorgesehen sind, wobei die gemeinsame Sitzventil-Betätigung auch das weitere Verstärkungssitzventil betätigt und mechanisch entsprechend der Kopplung mit dem (ersten) Verstärkungssitzventil ausgelegt ist.

11. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die gemeinsame Sitzventil-Betätigung eine Betätigungsstange (11) oder -welle aufweist, wobei die Betätigungsstange oder -welle in einer den Steuerausgang (23) sowie die pneumatischen Eingänge (15, 17, 35) bildenden kompakten Gehäusestruktur in Verlagerungsrichtung translatorisch verschieblich gelagert ist, und/oder bei der ein Stellungssensor vorgesehen ist, der die Stellung der gemeinsamen Sitzventil-Bestätigung, insbesondere der Betätigungsstange (11) oder -welle, erfasst, wobei insbesondere der Stellungssensor mit dem Stellungsregler verbindbar oder verbunden ist, um die Stellungsinformation über die Sitzventil-Betätigung weiterzugeben.

12. Pneumatischer Volumenstromverstärker (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Entlüftungssitzventil (3) einen relativ zur Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) insbesondere translatorisch verschieblich gelagerten, insbesondere kegelförmigen Entlüftungsventilkörper (3.1) aufweist, der mit einem zugeordneten Entlüftungsventildichtsitz (3.2) abdichtend oder freigebend zusammenwirkt, wobei insbesondere der Entlüftungsventilkörper (3.1) gegen den Entlüftungsventildichtsitz (3.2) zum Schließen des Entlüftungssitzventils (3) federvorgespannt ist, wobei insbesondere der Entlüftungsventildichtsitz (3.2) durch einen Abschnitt der starren Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) realisiert ist, wobei insbesondere eine Druckfeder (41) den Entlüftungsventilkörper (3.1) gegen den Entlüftungsventildichtsitz (3.2) drängt und sich insbesondere an einem relativ zur Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) insbesondere translatorisch beweglich gelagerten, Verstärkungsventilkörper (7.1) des Verstärkungssitzventils (7) abstützt, wobei insbesondere die Druckfeder (41) den Entlüftungsventilkörper (3.1) und den Verstärkungsventilkörper (7.1) gegen den Entlüftungsventildichtsitz (3.2) bzw. den Verstärkungsventildichtsitz (7.2) zu drängen.

13. Pneumatischer Volumenstromverstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der das Belüftungssitzventil (5) einen gegenüber der Gehäusestruktur des Volumenstromverstärkers (1) insbesondere translatorisch gelagerten, insbesondere kegelförmigen Belüftungsventilkörper (5.1) aufweist, der einem Belüftungsventildichtsitz (5.2) zugeordnet ist, wobei insbesondere eine Druckfeder (43) dem Belüftungsventilkörper (5.1) derart zugeordnet ist, dass der Belüftungsventilkörper (5.1) gegen den Belüftungsventildichtsitz (5.2) oder gegen einen dem Belüftungsventilkörper (5.1) zugeordneten Mitnehmer der Sitzventil- Betätigung gedrängt wird.

14. Feldgerät mit einem nach einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildeten pneumatischen Volumenstromverstärker (1), einem Stellungsregler (63) und gegebenenfalls einem pneumatischen Antrieb wobei der Volumenstromverstärker (1) mit dem Stellungsregler pneumatisch gekoppelt ist, insbesondere mit einem pneumatischen Regelungsausgang des Stellungsreglers, wobei der pneumatische Volumenstromverstärker (1) mit wenigstens einer insbesondere konstanten pneumatischen Versorgungsquelle, insbesondere über einen Booster, ge-

koppelt ist, wobei insbesondere der pneumatische Volumenstromverstärker (1) außenseitig an ein Gehäuse des pneumatischen Antriebs unter Ausbildung einer pneumatischen Kopplung mit dem pneumatischen Steuerausgang anmontiert, insbesondere angeflanscht, ist und/oder wobei insbesondere der pneumatische Volumenstromverstärker (1) an entsprechende Ausgänge des Stellungsreglers (63) unter Ausbildung einer pneumatischen Koppelung mit jeweiligen Belüftungseingängen pneumatisch gekoppelt ist.

15. Feldgerätanordnung mit einem nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildeten pneumatischen Volumenstromverstärker (1), einem an dem Volumenstromverstärker (1) angeschlossenen Stellungsregler (63), der dem pneumatischen Volumenstromverstärker (1) ein pneumatisches Steuersignal (Y_1, Y_2) insbesondere an dem pneumatischen Membranantriebseingang (35) und dem Belüftungseingang (15) übergibt, und eine an dem pneumatischen Volumenstromverstärker (1) angeschlossenen Luftverstärkung, wie eine Druckluftversorgung (91), die insbesondere an dem pneumatischen Volumenstromverstärker (1) über den Verstärkungseingang (17) angeschlossen ist.

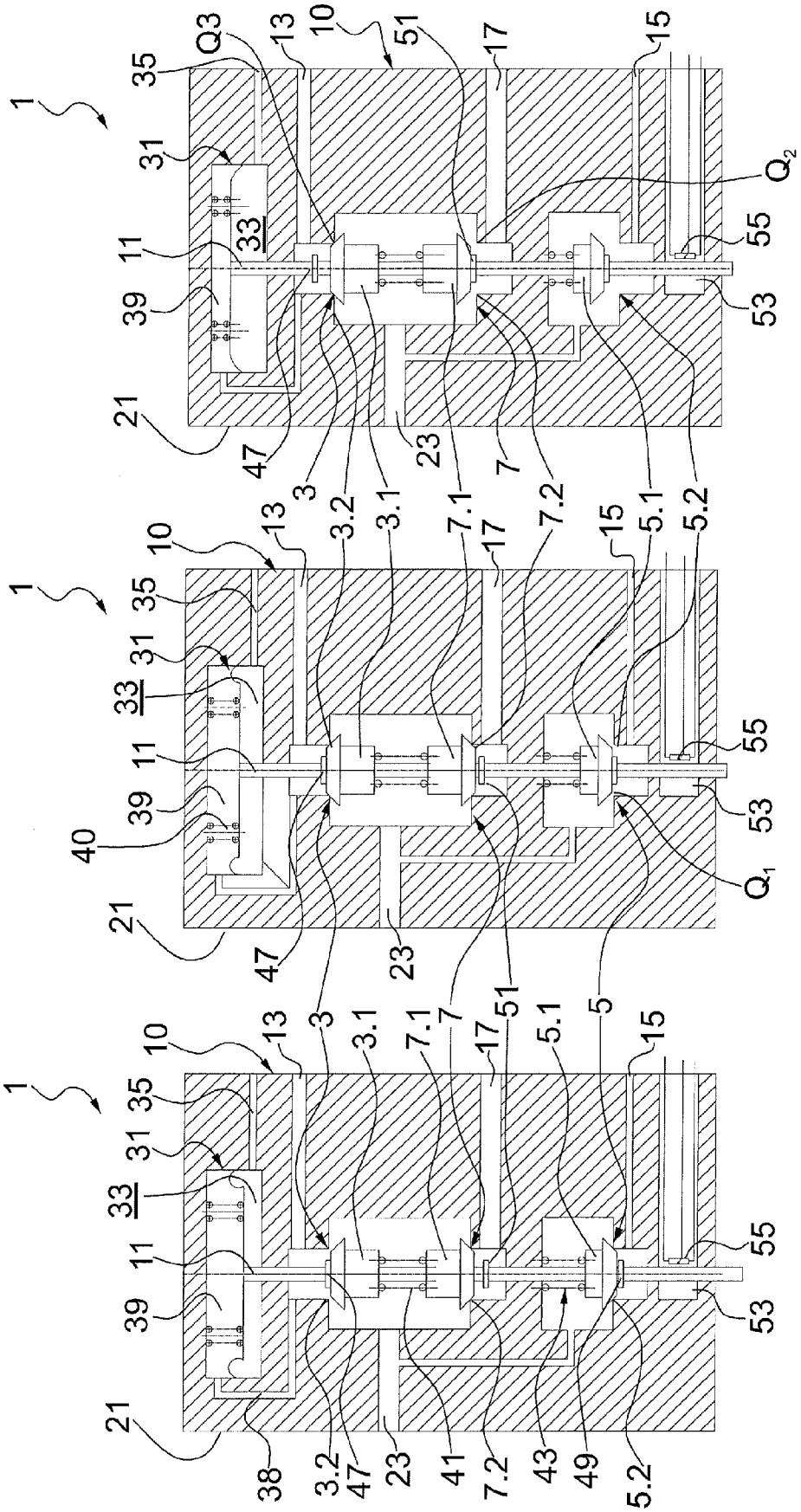

Fig. 1c

Fig. 1b

Fig. 1a

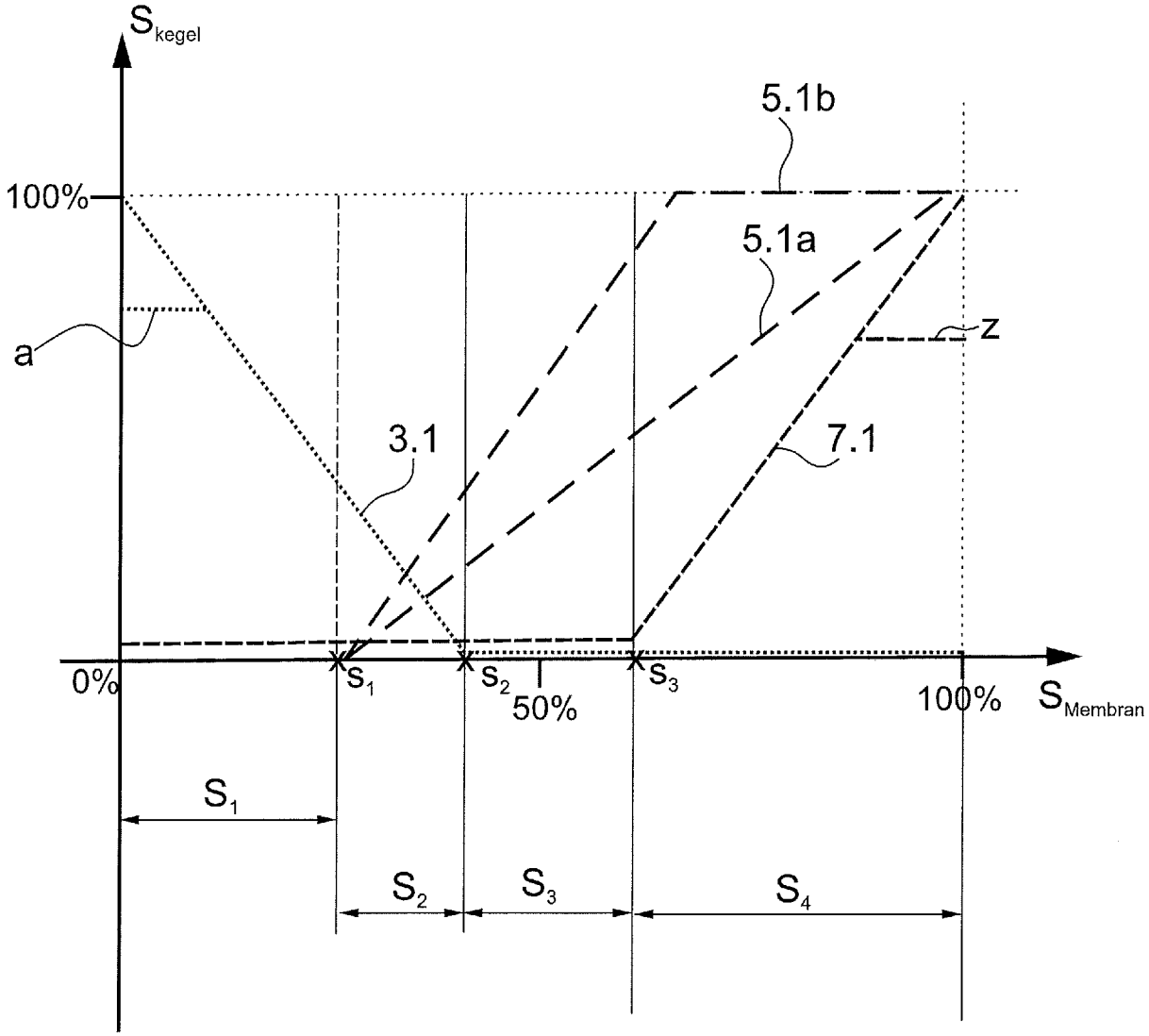

Fig. 2

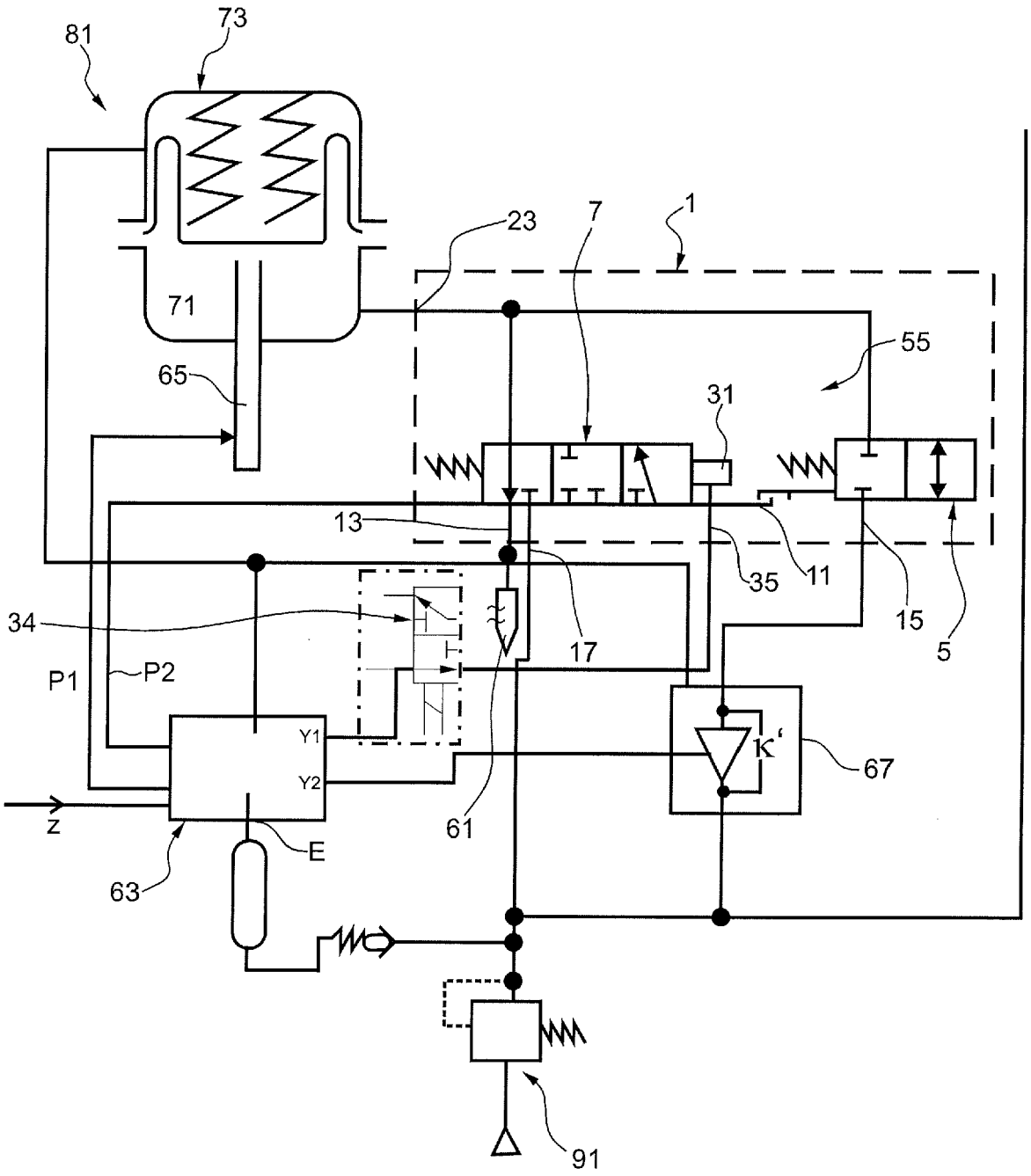

Fig. 3

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 18 3090

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 236 840 A2 (STI SRL [IT]) 6. Oktober 2010 (2010-10-06) * das ganze Dokument *	1-15	INV. F15B13/04 F15B11/04 F16K31/126
A	WO 2012/037134 A1 (FISHER CONTROLS INT [US]; LOVELL MICHEL K [US]; JWANOUSKOS RYAN J [US]) 22. März 2012 (2012-03-22) * das ganze Dokument *	1-15	
A	US 2009/283160 A1 (FISHWICK JAMES [GB] ET AL) 19. November 2009 (2009-11-19) * das ganze Dokument *	1-15	
A	EP 1 653 132 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. Mai 2006 (2006-05-03) * das ganze Dokument *	1-15	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F15B
F16K

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	11. Mai 2017	Bindreiff, Romain

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 16 18 3090

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-05-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2236840 A2	06-10-2010	EP 2236840 A2	06-10-2010
		ES 2386704 T3	27-08-2012
		US 2010243929 A1	30-09-2010
WO 2012037134 A1	22-03-2012	AR 082976 A1	23-01-2013
		AU 2011302218 A1	28-03-2013
		AU 2017200751 A1	23-02-2017
		BR 112013005710 A2	03-05-2016
		CA 2812020 A1	22-03-2012
		CN 102401172 A	04-04-2012
		CN 105889156 A	24-08-2016
		CN 202360861 U	01-08-2012
		EP 2616722 A1	24-07-2013
		MX 337967 B	29-03-2016
		RU 2013116771 A	20-10-2014
		US 2012061594 A1	15-03-2012
		US 2014026746 A1	30-01-2014
		WO 2012037134 A1	22-03-2012
US 2009283160 A1	19-11-2009	US 2009283160 A1	19-11-2009
		US 2012216882 A1	30-08-2012
		US 2012216895 A1	30-08-2012
EP 1653132 A1	03-05-2006	DE 102004052895 B3	01-06-2006
		EP 1653132 A1	03-05-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009015999 A1 **[0003]**
- DE 102012021387 **[0071]**