



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 412 365 B**

(12)

## PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 917/2002  
(22) Anmeldetag: 18.06.2002  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.06.2004  
(45) Ausgabetag: 25.01.2005

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F16K 31/00**

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 3608550A1 DE 4320715A1  
DE 4425078A1 DE 19720849A1  
EP 170172A1 EP 1158182A1  
EP 1170808A1 US 5226628A

(73) Patentinhaber:  
HYGRAMA AG  
CH-6300 ZUG (CH).  
(72) Erfinder:  
STRASSER GÜNTHER  
ROTTENBUCH (DE).  
DÖRFLER ERICH  
LANDSBERG-ERPFTING (DE).  
RUSS BERNHARD  
PEITING (DE).  
TELTSCHER RAINER  
WAAKIRCHEN (DE).

### (54) VENTIL

(57) Ventil mit einem auslenkbaren, länglichen Betätigungselement (1), welches die Öffnungs- und Schließbewegungen zumindest eines Dichtelementes (6) steuert, wobei eine zwischen einem ventiltfesten Anlenkpunkt (10) und dem Dichtelement (6) in Druckrichtung vorgespannte Feder (5) im wesentlichen senkrecht zur Auslenkrichtung des Betätigungselementes (1) wirkt und die durch die Feder (5) ausgeübte Kraft im wesentlichen parallel zur Längsachse des Betätigungselementes (1) liegt.

Um ein mit geringen Strömen elektrisch schaltbares Ventil, welches sich besonders durch kleine Baugröße auszeichnet, dennoch aber großen Stellwegen zu realisieren, ist das Betätigungselement (1) als einseitig eingespannter piezoelektrischer Biegeumformer ausgeführt und ist die Feder (5) seitlich neben und im wesentlichen parallel zum Betätigungselement (1) angeordnet.

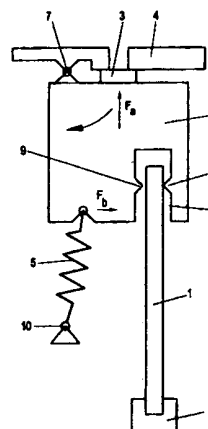


FIG. 2

AT 412 365 B

Die Erfindung betrifft ein Ventil mit einem auslenkbaren, länglichen Betätigungselement, welches die Öffnungs- und Schließbewegungen zumindest eines Dichtelementes steuert, wobei eine zwischen einem ventillfesten Anlenkpunkt und dem Dichtelement in Druckrichtung vorgespannte Feder im wesentlichen senkrecht zur Auslenkrichtung des Betätigungselementes wirkt und die durch die Feder ausgeübte Kraft im wesentlichen parallel zur Längsachse des Betätigungselementes liegt.

Bei vielen Arten von Ventilen ist das Dichtelement oder ein dieses Dichtelement bewegendes Betätigungselement in eine der beiden Richtungen mittels beispielsweise elastischer Elemente vorgespannt. Die Vorspannung kann eventuell auch durch die Kräfte hervorgerufen werden, die bei der Auslenkung des Dicht- oder Betätigungselementes entstehen. Meist wird dadurch aber auch die Schaltdynamik des Ventils zumindest in eine Richtung nachteilig beeinflusst und viel Leistungsaufnahme des Ventils wird für die Überwindung dieser Vorspannung benötigt.

Andererseits sind auch Ventilkonstruktionen bekannt, bei welchen durch die Geometrie des Dicht- oder Betätigungselementes - allenfalls unter Zuhilfenahme von zumindest einem Federelement - die beiden Endlagen durch Vorspannung stabil gehalten sind, während zum Umschalten die Kraft eines elastischen Elementes überwunden werden muß, wobei nach Durchlaufen eines ersten Abschnittes des gesamten Arbeitshubes das elastische Element das weitere Umschalten unterstützt. Ein Beispiel für ein derartiges Ventil ist in der DE 197 20 849 A1 beschrieben, wo zum Umschalten zwei Aktoren vorgesehen sind, die auf das Trägerelement für das eigentliche Dichtelement einwirken.

Die Aufgabe der Erfindung ist ein mit geringen Strömen elektrisch schaltbares Ventil, welches sich besonders durch kleine Baugröße auszeichnet, dennoch aber große Stellwege realisieren läßt.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß das Betätigungselement als einseitig eingespannter piezoelektrischer Biegewandler ausgeführt ist und die Feder seitlich neben und im wesentlichen parallel zum Betätigungselement angeordnet ist. Piezoelektrische Biegewandler bieten durch ihre bei geringer Ansteuerleistung doch sehr hohe Kraftdichte und gute Schaltdynamik alle Voraussetzungen für großen Hub bei geringsten Dimensionen. Zusammen mit der Unterstützung der Umschaltens durch die parallel angeordnete Feder, welche ihre größte Kraft in der neutralen Stellung des Biegewandlers ausübt und bei zunehmender Auslenkung und damit abnehmender Auslenkkraft des Biegewandlers ebenfalls geringere Kraft ausübt, kann der volle Leerlaufhub des Biegewandlers genutzt und der erzielbare Hub - womit wieder bei Ventilen eine Erhöhung der Durchflußleistung einher geht - wesentlich vergrößert werden.

Vorzugsweise ist dabei das Dichtelement um eine Achse verschwenkbar gelagert, die vorzugsweise seitlich neben dem Ventilsitz angeordnet ist.

Die vom Biegewandler ausübende Kraft kann am günstigsten zur Geltung gebracht werden, wenn der Angriffspunkt des Biegewandlers am Dichtelement außerhalb der durch die Achse und den Ventilsitz definierten Ebene liegt.

Dabei ist vorteilhafterweise gemäß einem weiteren Erfindungsmerkmal vorgesehen, daß der Angriffspunkt der Feder am Dichtelement außerhalb der durch die Achse und den Ventilsitz definierten Ebene liegt, vorzugsweise mit dem Angriffspunkt des Biegewandlers am Dichtelement eine zur durch Achse und Ventilsitz definierten Ebene im wesentlichen parallelen Ebene definiert.

Eine höhere Variabilität kann mit einer Ausführungsvariante der Erfindung erreicht werden, bei welcher das Dichtelement mit zwei Ventilsitzen auf einander bezüglich der Schwenkachse gegenüberliegenden Seiten zusammenwirkt, wobei es vorzugsweise durch die Feder auf einen der beiden Ventilsitze vorgespannt ist und durch den Biegewandler zwischen den beiden Schaltstellungen umschaltbar ist.

Die Rückstellkraft des Biegewandlers kann optimal für das Schalten des Ventils genutzt werden, wenn gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung das Dichtelement eine Vertiefung aufweist, in welche ein Ende des Biegewandlers eingreift.

Die erweiterte Anwendbarkeit der erfindungsgemäßen Ventilkonstruktion kann ebenfalls durch eine Ausführungsform sichergestellt werden, bei der zwei Dichtelemente vorgesehen sind, welche unabhängig voneinander in entgegengesetztem Sinn um jeweils eine Achse verschwenkbar gelagert sind, welche Achse jeweils seitlich neben dem Ventilsitz angeordnet ist.

Auch hier kann allenfalls eine vorteilhafte Weiterbildung vorgesehen sein, bei der jedes Dicht-

element mit zwei Ventilsitzen auf einander bezüglich seiner Schwenkachse gegenüberliegenden Seiten zusammenwirkt, wobei jedes Dichtelement vorzugsweise durch je eine Feder auf einen der beiden Ventilsitze vorgespannt ist und durch den Biegewandler zwischen den beiden Schaltstellungen umschaltbar ist.

Auch hier können die Rückstellkräfte aus beiden Auslenkungsstellungen des Biegewandlers genutzt werden, wenn die beiden Dichtelemente im Grundzustand miteinander eine auf den Biegewandler hin offene Vertiefung ausbilden, in welche ein Ende des Biegewandlers eingreift.

In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung anhand der in den beigegeführten Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

Die Fig. 1a zeigt in schematischer Darstellung einen piezoelektrischen Biegewandler für ein Ventil im Zusammenwirken mit einer Druckfeder und dem Ventilsitz in geschlossener Stellung und Fig. 1b zeigt diesen Biegewandler in Offenstellung, die Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines Biegewandlers für eine erfindungsgemäße Ventilvariante mit verschwenkbarem Dichtelement in Schließstellung, und Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht eines 3/3-Wege-Ventils gemäß der Ventilvariante der Fig. 2 mit zwei Dichtelementen mit Biegewandler als gemeinsamem Betätigungselement.

Ein piezoelektrischer Biegewandler 1 ist an einem Ende in einer Einspannstelle 2 im Gehäuse des Ventils oder einer damit verbundenen Struktur gehalten. In der in Fig. 1a dargestellten Ruhelage, in der keine Spannung angelegt ist, drückt der Biegewandler 1 ein Dichtelement 3 auf den Ventilsitz 4. Die Schließkraft ist durch die mechanischen Eigenschaften des Biegewandlers 1 und zusätzlich durch die Wirkung eines elastischen Elementes, hier als Druckfeder 5 ausgeführt, gegeben, die mit dem Biegewandler 1 im wesentlichen fluchtend angeordnet ist, bzw. nur einen stumpfen Winkel nahe 180° mit diesem einschließt, d.h. senkrecht zur Auslenkrichtung des Biegewandlers 1 wirkt. Die Kraft in der Ruhelage ist durch den in Auslenkrichtung wirkenden Anteil  $F_b$  der Federkraft bestimmt.

Bei Anlegen einer Spannung wird der Biegewandler 1 in schließlich die in Fig. 1b dargestellte Endstellung ausgelenkt, wobei im Zuge dieser Bewegung der in Auslenkrichtung wirkende Federkraftanteil  $F_b$  abnimmt, bis er ganz verschwindet, wenn Druckfeder 5 und Biegewandler 1 in einer Zwischenstellung vollständig fluchtend ausgerichtet sind. Bei weiterer Auslenkung des Biegewandlers 1 unterstützt dann der in Auslenkrichtung wirkende Federkraftanteil  $F_b$  die weitere Auslenkung des Biegewandlers 1 in die offene Endstellung. Vorteilhafterweise ist die maximale Auslenkposition symmetrisch zur Ruhelage, damit beim Ausschalten der Spannung der Biegewandler 1 durch seine Elastizität genügend Rückstellkraft besitzt, um den in Auslenkrichtung, nun aber in Öffnungsrichtung, wirkenden Federkraftanteil  $F_b$  zu überwinden.

Bei der Ventilvariante, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, wirkt der Biegewandler auf ein Dichtelement 6 ein, das um eine meist neben dem Ventilsitz 4 liegende Achse 7 schwenkbar ist. Am Dichtelement 6 ist die eigentliche Dichtfläche 3 ausgearbeitet oder befestigt. Die Druckfeder 5 wirkt nun nicht auf den Biegewandler 1 ein, sondern wirkt, zwischen einem ventiltfesten Anlenkpunkt 10 und dem Dichtelement 6 eingespannt, im wesentlichen parallel zum Biegewandler 1 liegend in Richtung auf den Ventilsitz 4 auf das Dichtelement 6 ein. Aufgrund des geringen Winkels, den die Druckfeder 5 mit dem Biegewandler 1 einschließt, wirkt wiederum ein geringer Anteil der Federkraft als Federkraftanteil  $F_b$  in Auslenkrichtung des Biegewandlers 1 und wirkt dessen Auslenkung bei angelegter Spannung entgegen. Von diesem Federkraftanteil  $F_b$  ist bei dieser Ventilvariante die Schließkraft  $F_a$ , die im wesentlichen der Kraft der Druckfeder 5 entspricht und dem senkrecht auf die Biegewanderauslenkung wirkenden Anteil entspricht, entkoppelt, so dass sie auch wesentlich höher ausgelegt werden kann als bei herkömmlichen Systemen und auch bei der oben zuerst beschriebenen Variante. Mit dieser erhöhten Dichtkraft kann das Ventil entweder in einem höheren Druckbereich arbeiten oder aber durch eine Vergrößerung des Durchmessers des Ventilsitzes 4 kann der Durchfluß wesentlich erhöht werden.

Beim Auslenken des Biegewandlers 1 durch Anlegen einer Spannung nimmt die Kraft, gegen die der Biegewandler 1 arbeiten muß, mit zunehmender Auslenkung ab und kehrt sich dann sogar um, sodaß auch hier der Biegewandler 1 mit seiner vollen Auslenkung betrieben werden kann. Da das freie Ende des Biegewandlers 1 in eine Ausnehmung 8 in Art einer Tasche im Dichtelement 6 eingreift, kann bei Ausschalten der Spannung das Dichtelement 6 durch den Biegewandler 1 wieder - entgegen dem Federkraftanteil  $F_b$  - über den Gleichgewichtspunkt in die Schließstellung

zurückgebracht werden.

Die Reibung in den Drehlagern 7 des Dichtelementes 6 und an den Angriffspunkten der Druckfeder 5, die auch als Blechbiegeteil ausgebildet sein kann, am Dichtelement 6 bzw. dem ventiltfesten Anlenkpunkt 10 kann durch Ausbildung dieser Drehlager 7 bzw. Angriffspunkte als Schneidkanten vermindert werden. Die Reibung zwischen Biegewandler 1 und Dichtelement 6 kann ebenfalls über Schneidkanten 9 oder durch anderweitig Minimierung der Oberflächenrauigkeit zumindest eines der Bauteile, vorzugsweise beider Bauteile, vermindert werden. Dies kann beispielsweise auch durch Aufschieben einer Kappe mit minimaler Oberflächenrauigkeit auf den Biegewandler 1 geschehen.

Die erfindungsgemäßen Ventile Varianten sind in ihrer einfachsten Ausführungsform mit einem Ventilsitz 4 und damit als 2/2-Wegeventile dargestellt. Auf der dem Dichtelement 3 der Fig. 1 bezüglich des Biegewandlers 1 und auf der dem Ventilsitz 4 bezüglich der Drehachse 7 gegenüberliegenden Seite in Fig. 2 kann jedoch in einer weiteren Ausführungsform beider Varianten ein weiterer Ventilsitz vorgesehen sein, in letzterem Fall vorzugsweise in einer um 90° gegenüber dem ersten Ventilsitz 4 gedrehten Ebene, im wesentlichen parallel zum Biegewandler 1. Damit sind 3/2-Wegeventile mit piezoelektrischer Betätigung realisierbar.

Mit nur einem piezoelektrischen Biegewandler 1 ist aber auch ein 3/3-Wegeventil zu realisieren, wobei ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel in Fig. 3 dargestellt ist. Es wird dabei ein Biegewandler 1 verwendet, der um seine Ruhelage in beide Richtungen ausgelenkt werden kann, beispielsweise durch Anlegen von Spannung unterschiedlichen Sinnes. Bei Auslenkung beispielsweise nach rechts in Fig. 3 wird ein Dichtelement 6a - im wesentlichen wie zuvor beschrieben - ausgelenkt und der Durchgang durch einen ersten Ventilsitz geöffnet, an dem über einen Druckluftanschluß 12 beispielsweise Druckluft aus einer Druckluftversorgungsquellen ansteht und nach Öffnen des Dichtelementes 6a gegen die Wirkung der Feder 5a zu einem Verbraucheranschluß 11 im Ventil und von dort weiter zum Verbraucher gelangt. Dabei ist wesentlich, dass die Tasche 8 im Dichtelement 6 nur in ausgelenkter Position wirksam ist, während sie eine Bewegung des Biegewandlers 1 in die entgegengesetzte Richtung nicht behindern darf. Bei Auslenkung in die Gegenrichtung, d.h. in Fig. 3 nach links, wird das zweite Dichtelement 6b gegen die Wirkung der Feder 5b geöffnet und damit beispielsweise die Verbindung vom Verbraucheranschluß 11 zu einer Entlüftung (nicht sichtbar) hergestellt. Die beiden Dichtelemente 6a, 6b bilden in ihrer geschlossenen Stellung miteinander eine Tasche 8, in welche das auslenkbare Ende des Biegewandlers 1 eingreift.

Durch die Verwendung eines einzigen Biegewandlers 1 für zwei Ventilsitze wird eine sehr kompakte Ausführung eines 3/3-Wegeventils realisiert. Auch hier wäre eine Erweiterung mit zwei Dichtsitzten für jedes Dichtelement 6a, 6b denkbar.

Vorteilhafterweise können zusätzliche Bauteile in Ventilgehäuse integriert sein, etwa einen Sensor, der den Druck mißt. Hier wird ein Standardsensor verwendet. Die Möglichkeiten gehen von einem gehäuseten Sensor bis hin zur nackten Sensorzelle, die auf eine ventilspezifischen Platine montiert wird (in Analogie zur Mikroelektronik als "Chip-On-Board"). Dazu kann in das Ventilgehäuse eine Elektronik-Platine integriert sein, die in der einfachsten Stufe nur einen Drucksensor tragen und die Verbindung des Biegewandlers und des Drucksensors zu einer Schnittstelle (Stecker) gewährleisten soll. Dann wird das Ventil (incl. Drucksensor) über ein Kabel mit einer elektronische Steuerung/Regelung verbunden. Diese Regelungselektronik kann dann den Druck am Verbraucher regeln. Die Regelelektronik könnte aber auch miniaturisiert ins das Ventil mit eingebaut werden. Das Ventil stellt dann einen autarken Druckregler dar, der mit einer Versorgungsspannung und einem Signal (Sollwert) beaufschlagt werden muß und einen geregelten Druck ausgibt.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Ventil mit einem auslenkbaren, länglichen Betätigungselement (1), welches die Öffnungs- und Schließbewegungen zumindest eines Dichtelementes (6) steuert, wobei eine zwischen einem ventiltfesten Anlenkpunkt (10) und dem Dichtelement (6) in Druckrichtung vorgespannte Feder (5) im wesentlichen senkrecht zur Auslenkrichtung des Betätigungselemen-

tes (1) wirkt und die durch die Feder (5) ausgeübte Kraft im wesentlichen parallel zur Längsachse des Betätigungselementes (1) liegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Betätigungselement (1) als einseitig eingespannter piezoelektrischer Biegewandler ausgeführt ist und die Feder (5) seitlich neben und im wesentlichen parallel zum Betätigungselement (1) angeordnet ist.

2. Ventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Dichtelement (6) um eine Achse (7) verschwenkbar gelagert ist, die vorzugsweise seitlich neben dem Ventilsitz (4) angeordnet ist.
3. Ventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Angriffspunkt des Biegewandlers (1) am Dichtelement (6) außerhalb der durch die Achse (7) und den Ventilsitz (4) definierten Ebene liegt.
4. Ventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Angriffspunkt der Feder (5) am Dichtelement (6) außerhalb der durch die Achse (7) und den Ventilsitz (4) definierten Ebene liegt, vorzugsweise mit dem Angriffspunkt des Biegewandlers (1) am Dichtelement (6) eine zur durch Achse (7) und Ventilsitz (4) definierten Ebene im wesentlichen parallele Ebene definiert.
5. Ventil nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Dichtelement (6) mit zwei Ventilsitzen auf einander bezüglich der Schwenkachse (7) gegenüberliegenden Seiten zusammenwirkt, wobei es vorzugsweise durch die Feder (5) auf einen der beiden Ventilsitze vorgespannt ist und durch den Biegewandler (1) zwischen den beiden Schaltstellungen umschaltbar ist.
6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Dichtelement (6) eine Vertiefung (8) aufweist, in welche ein Ende des Biegewandlers (1) eingreift.
7. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei Dichtelemente (6a, 6b) vorgesehen sind, welche unabhängig voneinander in entgegengesetztem Sinn um jeweils eine Achse (7a, 7b) verschwenkbar gelagert sind, welche Achse jeweils seitlich neben dem Ventilsitz (4a, 4b) angeordnet ist.
8. Ventil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Dichtelement (6a, 6b) mit zwei Ventilsitzen auf einander bezüglich seiner Schwenkachse gegenüberliegenden Seiten zusammenwirkt, wobei jedes Dichtelement (6a, 6b) vorzugsweise durch je eine Feder (5a, 5b) auf einen der beiden Ventilsitze vorgespannt ist und durch den Biegewandler (1) zwischen den beiden Schaltstellungen umschaltbar ist.
9. Ventil nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Dichtelemente (6a, 6b) im Grundzustand miteinander eine auf den Biegewandler (1) hin offene Vertiefung (8) ausbilden, in welche ein Ende des Biegewandlers (1) eingreift.

### HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

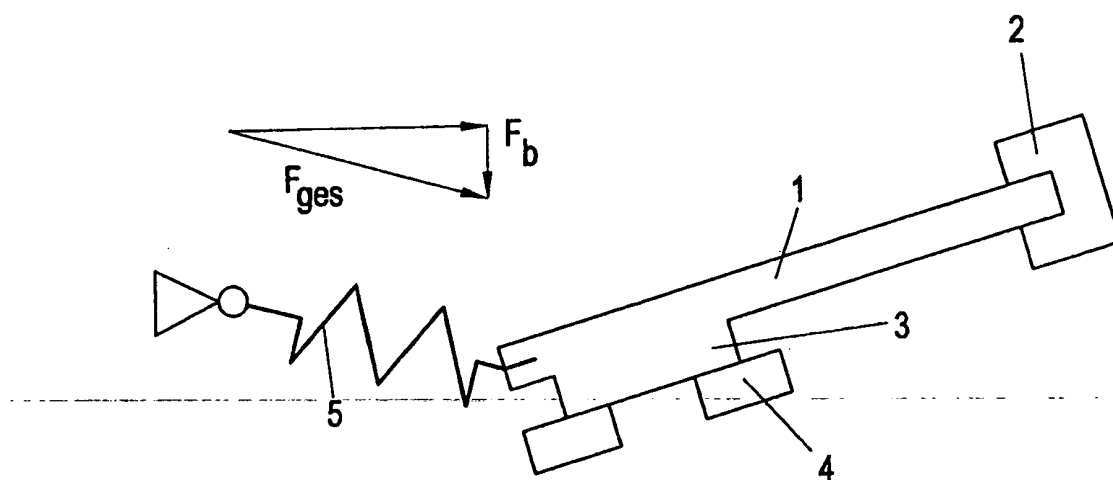


FIG. 1a

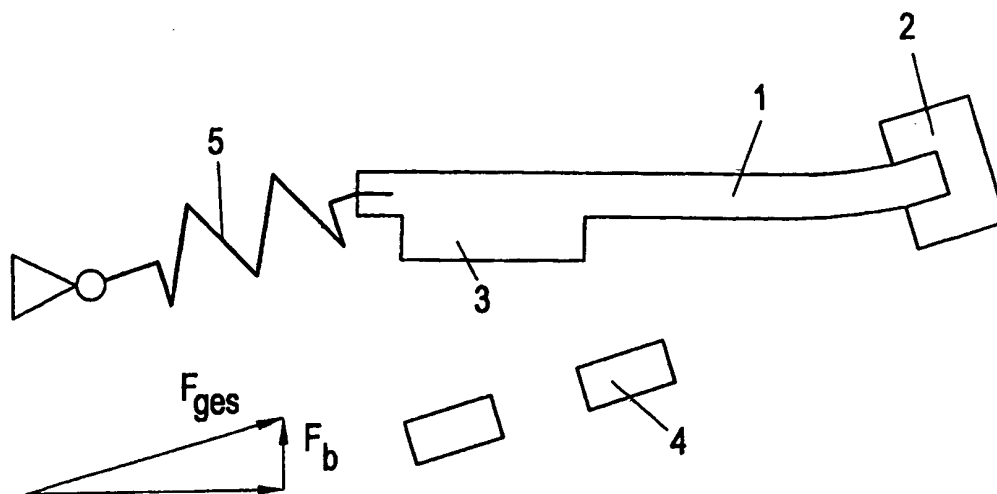


FIG. 1b

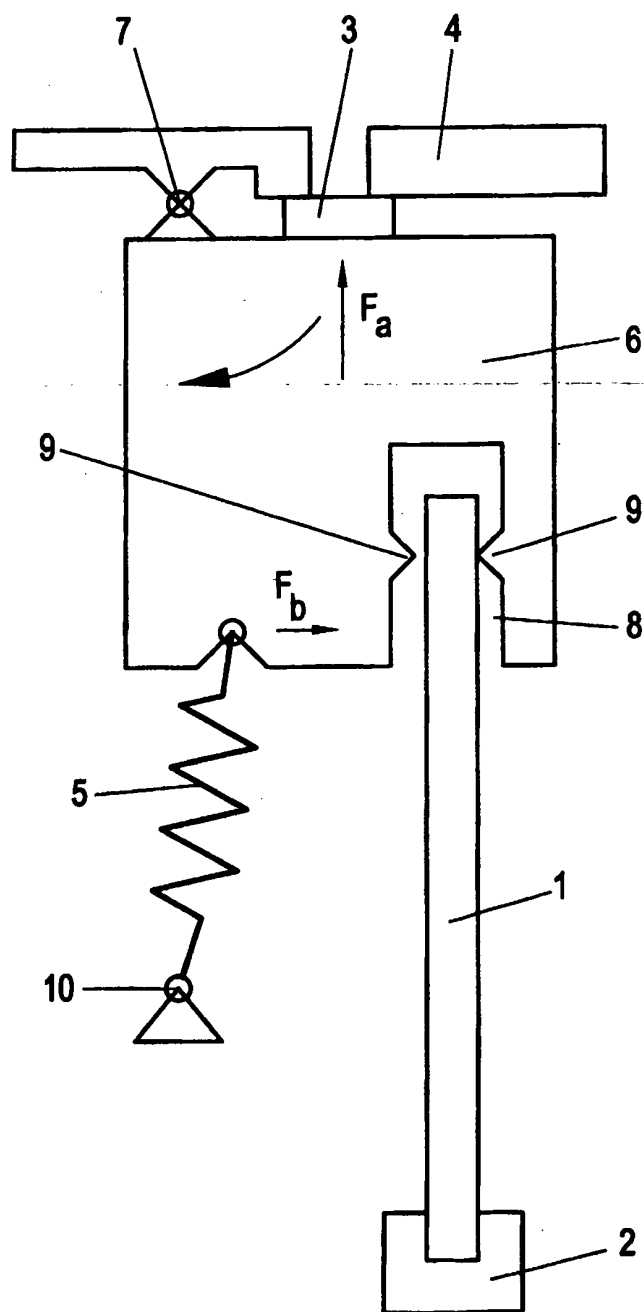


FIG. 2

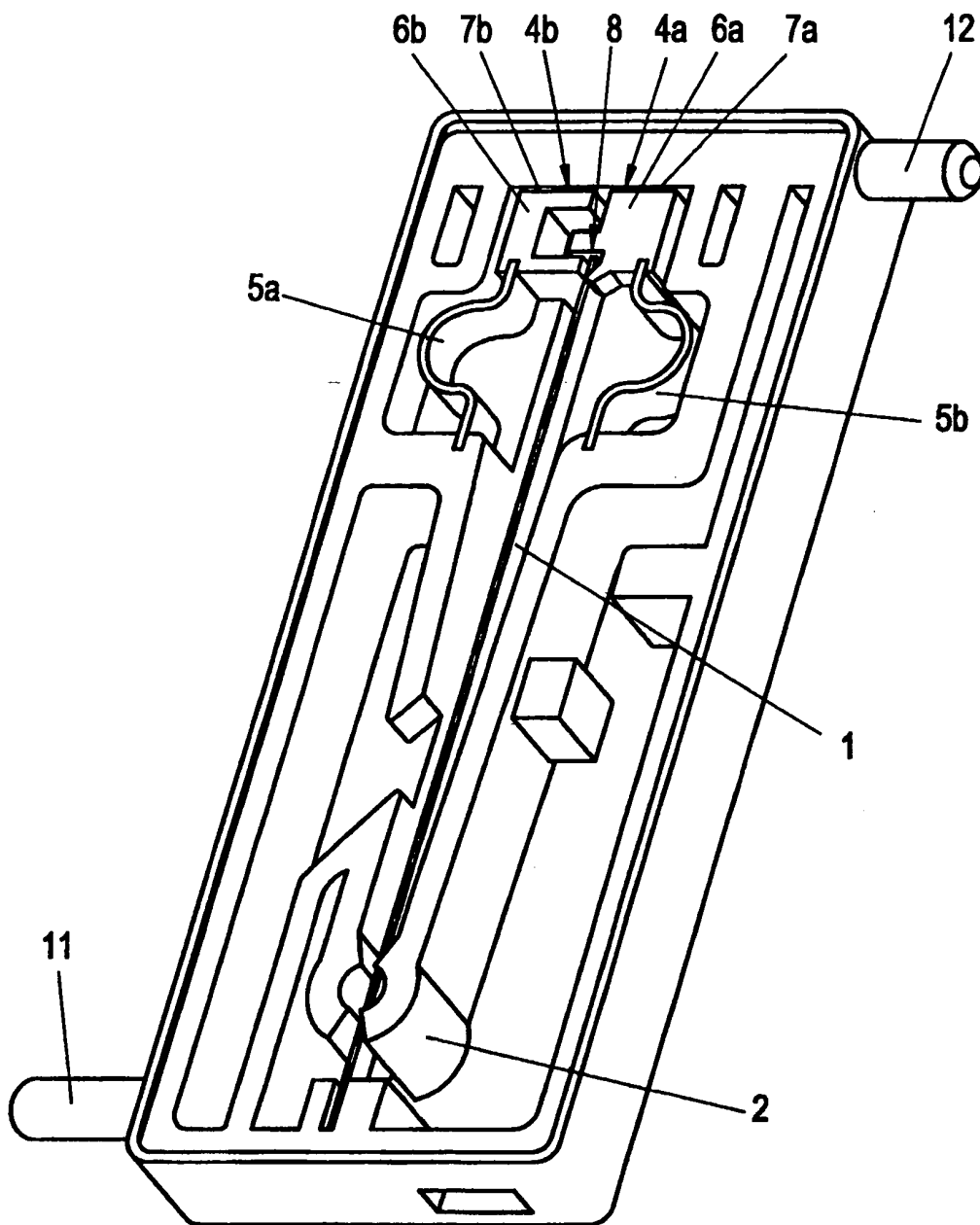


FIG. 3