



(10) **DE 10 2015 119 816 B4** 2019.07.25

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 119 816.9**
(22) Anmeldetag: **17.11.2015**
(43) Offenlegungstag: **18.05.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.07.2019**

(51) Int Cl.: **H02N 2/02 (2006.01)**
H01L 41/09 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
V.I.E. Systems GmbH, Schwanberg, AT

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Keilitz & Partner, Partnerschaft,
81675 München, DE**

(72) Erfinder:
Scheicher, Johann, St. Peter, AT

(56) Ermittelter Stand der Technik:

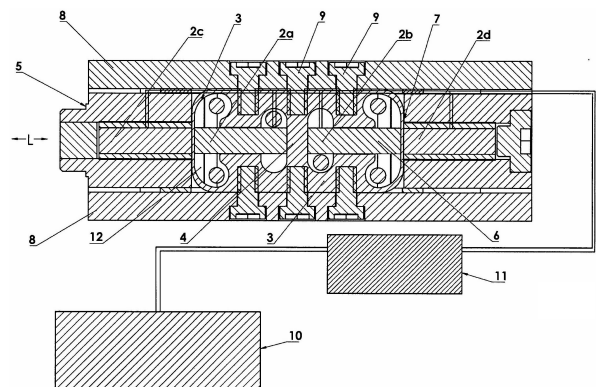
DE	30 37 078	A1
DE	199 16 277	A1
DE	199 18 976	A1
WO	99/ 59 211	A1
JP	H06- 343 273	A

(54) Bezeichnung: **Piezo-Aktuator mit mehreren Piezoelementen**

(57) Hauptanspruch: Piezo-Aktuator (1) mit wenigstens drei Piezoelementen (2a-2d), die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen, wobei wenigstens ein erstes und ein zweites der Piezoelemente (2a-2d) als Arbeitselemente (2a, 2b) betrieben werden, die eine lineare Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführen, dadurch gekennzeichnet, dass

- wenigstens ein weiteres Piezoelement (2a-2d) vorgesehen ist, das dazu vorgesehen ist, einen Nullpunkt des Piezo-Aktuators (1) einzustellen, und dass
- eine Steuerung (10, 11) vorgesehen ist, die

- das wenigstens eine weitere Piezoelement (2c, 2d) in einer ersten Phase derart ansteuert, dass sich die gesamte Anordnung der wenigstens drei Piezoelemente (2a-2d) mechanisch ausdehnt, wodurch der Piezo-Aktuator (1) einen entsprechenden Nullpunkt einnimmt, und
- die Arbeitselemente (2a, 2b) in einer nachfolgenden zweiten Phase derart ansteuert, dass sich sowohl zum Ausführen einer Vorwärts- als auch zum Ausführen einer Rückwärtsbewegung wenigstens ein erstes der Arbeitselemente (2a, 2b) mechanisch in einer Längsrichtung (L) ausdehnt, und ein zweites der Arbeitselemente (2a, 2b) in der Längsrichtung (L) kontrahiert.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****FACHGEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung betrifft einen Piezo-Aktuator mit mehreren Piezoelementen, die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Piezo-Aktuators.

[0002] Piezoelemente haben die Eigenschaft, dass sie sich, sobald man eine elektrische Spannung anlegt, in einer Längsrichtung ausdehnen, wobei gleichzeitig immer auch eine Kontraktion orthogonal zur Längsrichtung stattfindet. Diese Eigenschaft kann dazu genutzt werden, eine Kraft zu übertragen oder einen elektromechanischen Antrieb zu realisieren.

[0003] Bei bekannten Piezo-Aktuatoren mit mehreren in Reihe angeordneten Piezoelementen erfolgt die Ansteuerung der einzelnen Piezoelemente meist durch eine elektrische Parallelschaltung mit der gleichen Polarisierung. Wird an einem solchen Aktuator eine Spannung angelegt, dehnen sich alle Piezoelemente gleichzeitig aus oder kontrahieren gleichzeitig, wodurch eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung initiiert wird. Dadurch können zwar mit relativ kleinen Spannungen bereits relativ große Bewegungsamplituden erreicht werden, eine solche Konfiguration hat allerdings den Nachteil, dass der Piezo-Aktuator nur in eine der beiden Richtungen (Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung) eine hohe Kraft ausüben kann, nämlich dann, wenn die Piezoelemente im Druckmodus arbeiten, d.h. wenn sie sich ausdehnen. In der anderen Richtung ist die Kraft dagegen deutlich geringer, da die Piezoelemente im Zugmodus aus physikalischen Gründen nur wesentlich geringere Kräfte ausüben können. Für Anwendungen, bei denen in beide Richtungen gleich große Kräfte ausgeübt werden müssen, ist diese Konfiguration daher nicht geeignet.

[0004] Aus der DE 30 37 078 A1 ist ein Piezo-Aktuator mit mehreren Piezoelementen bekannt, die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen.

[0005] Der Piezo-Aktuator umfasst ferner eine Steuerung, die ein erstes Piezoelement derart ansteuert, dass es sich mechanisch in einer Längsrichtung ausdehnt, und ein zweites Piezoelement derart ansteuert, dass es mechanisch in der Längsrichtung kontrahiert. Diese Anordnung hat jedoch den Nachteil, dass die von den beiden Piezoelementen bewirkte Bewegung in entgegengesetzte Richtungen erfolgt. Weitere Piezo-Aktuatoren mit mehreren Piezoelementen, die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen, sind aus der JP H06-343273 A, der DE 199 16 277 A1, der WO 99/59211 A1 oder der DE 199 18 976 A1 bekannt.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Piezo-Aktuator zu schaffen, dessen Nullpunkt eingestellt werden kann und der eine präzise Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführt.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Gemäß der Erfindung wird ein Piezo-Aktuator mit wenigstens drei Piezoelementen vorgeschlagen, die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung in einer Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung ausführen, wobei ein erstes und ein zweites der Piezoelemente als Arbeitselemente betrieben werden, die eine lineare Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführen. Der Piezo-Aktuator umfasst ferner wenigstens ein weiteres Piezoelement, das dazu vorgesehen ist, einen Nullpunkt des Piezo-Aktuators einzustellen, sowie eine Steuerung, die das wenigstens eine weitere Piezoelement in einer ersten Phase derart ansteuert, dass sich die gesamte Anordnung der wenigstens drei Piezoelemente mechanisch ausdehnt, wodurch der Piezo-Aktuator einen entsprechenden Nullpunkt einnimmt, und die die Arbeitselemente in einer nachfolgenden zweiten Phase derart ansteuert, dass sich sowohl zum Ausführen einer Vorwärts- als auch zum Ausführen einer Rückwärtsbewegung wenigstens das erste Arbeitselement mechanisch in einer Längsrichtung ausdehnt, und das zweite Arbeitselement in der Längsrichtung kontrahiert.

[0009] Die Piezoelemente des erfindungsgemäßen Piezo-Aktuators sind vorzugsweise in Reihe angeordnet, beispielsweise zwei oder mehr Piezoelemente in Reihe. Sie können aber auch parallel angeordnet sein, beispielsweise zwei oder mehr Piezoelemente parallel.

[0010] Bei einer Parallelanordnung sind die Piezoelemente in einer Querrichtung über- bzw. nebeneinander in „Reihen“ angeordnet. Jede Reihe kann dabei ein oder mehrere Piezoelemente umfassen. Die einzelnen nebeneinander liegenden Piezoelemente können parallel bündig angeordnet sein; sie können aber auch in Längsrichtung versetzt angeordnet sein.

[0011] Das wenigstens eine erste und das wenigstens eine zweite Piezoelement werden vorzugsweise derart angesteuert, dass die längenmäßige Ausdehnung des wenigstens einen ersten Piezoelements synchron mit der längenmäßigen Kontraktion des wenigstens einen zweiten Piezoelements einhergeht.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist zwischen zwei in Reihe angeordnete-

ten Piezoelemente ein ortsfest angeordnetes Widerlager vorgesehen, an dem sich die Piezoelemente im Betrieb abstützen. Wenn sich der Piezo-Aktuator vor oder zurück bewegt, nimmt das Widerlager jeweils die von dem bzw. den sich ausdehnenden Piezoelementen ausgeübte Kraft auf.

[0013] Bei einer Parallelanordnung der Piezoelemente hat jede Reihe vorzugsweise ein zugehöriges Widerlager, an dem sich das bzw. die Piezoelemente einer Reihe abstützt bzw. abstützen.

[0014] Die Piezoelemente sind vorzugsweise innerhalb eines Schlittens angeordnet, der die Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung ausführt. Der Schlitten ist vorzugsweise wiederum innerhalb eines Gehäuses beweglich angeordnet. Der Piezo-Aktuator ist vorzugsweise so konstruiert, dass der Schlitten eine gerade Linearbewegung ausführt. Der Schlitten ist vorzugsweise einstückig gebildet.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens ein Teil der Piezoelemente in einer Halterung angeordnet, die dazu dient, den Zusammenbau des Piezo-Aktuators zu vereinfachen. Die Halterung kann beispielsweise ein oder mehrere Piezoelemente aufnehmen, die dann gemeinsam in den Schlitten eingesetzt werden.

[0016] Die Halterung wird vorzugsweise an einem den Schlitten umgebenden Gehäuse montiert und umfasst entsprechende Befestigungsmittel, wie z. B. Bohrungen mit Innengewinde.

[0017] Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung umfasst die Halterung mehrere Kammern, in denen jeweils ein Piezoelement angeordnet ist.

[0018] Die Halterung ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie das wenigstens eine Piezoelement jeweils an einem mittleren Abschnitt festklemmt. An den Endabschnitten der Piezoelemente ist vorzugsweise ein Freiraum vorgesehen, d. h. die Piezoelemente werden dort nicht von der Seite her festgeklemmt.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Halterung derart ausgelegt, dass sie mehrere, vorzugsweise zwei Piezoelemente entlang eines geschlossenen Umfangs umgibt. In diesem Fall umfasst die Halterung sowohl in Längsrichtung verlaufende Abschnitte als auch quer zur Längsrichtung verlaufende Abschnitte, wobei letztere mit den voneinander weg zeigenden Enden der äußeren Piezoelemente in Kontakt stehen. Die quer verlaufenden Abschnitte der Halterung sind dabei vorzugsweise flexibel ausgebildet, so dass sie sich bei einer Expansion bzw. Kontraktion der Piezoelemente elastisch verformen können.

[0020] Die erfindungsgemäße Halterung kann auch ein Widerlager umfassen. In diesem Fall ist das vorstehend erwähnte Widerlager, an dem sich die Piezoelemente im Betrieb abstützen, Teil der Halterung. Das Widerlager kann aber auch Teil des Gehäuses sein. Es kann z. B. einstückig mit dem Gehäuse gebildet oder als separates Element ausgebildet sein, das am Gehäuse fest montiert ist.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann die Halterung spezielle Befestigungsmittel umfassen, mit denen die Halterung in zwei orthogonal zueinander stehenden Raumachsen mit dem Gehäuse verbunden werden kann. Gemäß einer Ausführungsform können z. B. in einer ersten Raumachse mehrere Bohrungen mit Innengewinde, und in einer dazu orthogonalen Raumachse seitlich vorstehende Zapfen vorgesehen sein. Die beiden Raumachsen stehen vorzugsweise senkrecht zur Längsrichtung der Piezoanordnung.

[0022] Die einzelnen Piezoelemente des erfindungsgemäßen Piezo-Aktuators sind bezüglich des Widerlagers vorzugsweise symmetrisch angeordnet, d. h., auf jeder Seite des Widerlagers befindet sich eine gleich große Anzahl von Piezoelementen.

[0023] Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung umfasst der Piezo-Aktuator insgesamt zwei Piezoelemente, es können aber auch beispielsweise vier, sechs oder mehr Piezoelemente sein. Die Gesamtzahl der Piezoelemente ist vorzugsweise eine gerade Zahl, kann aber auch eine ungerade Zahl sein.

[0024] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben eines Piezo-Aktuators mit wenigstens drei Piezoelementen, die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung in einer Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung ausführen, wobei ein erstes und ein zweites der Piezoelemente als Arbeitselemente betrieben werden, die eine lineare Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführen. Gemäß der Erfindung wird wenigstens ein weiteres Piezoelement zum Einstellen eines Nullpunkts des Piezo-Aktuators genutzt. Nach der Einstellung des Nullpunkts werden die am ersten und zweiten Piezoelement anliegenden Spannungen variiert, um eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung auszuführen, wobei die Spannungen so variiert werden, dass sich sowohl zum Ausführen der Vorwärtsbewegung als auch zum Ausführen der Rückwärtsbewegung ein erstes der Arbeitselemente mechanisch ausdehnt und ein zweites der Arbeitselemente mechanisch kontrahiert. Der erfindungsgemäße Piezo-Aktuator arbeitet somit immer im Druckmodus, wodurch in beiden Richtungen hohe Kräfte übertragen werden können.

[0025] Sowohl die Vorwärts- als auch die Rückbewegung werden vorzugsweise von denselben Piezoelementen ausgeführt. In diesem Fall wird z. B. ein erstes Piezoelement derart angesteuert, dass es sich mechanisch in einer Längsrichtung ausdehnt, und ein zweites Piezoelement derart angesteuert, dass es mechanisch in der Längsrichtung kontrahiert. Zum Ausführen der entgegengesetzten Bewegung wird vorzugsweise das zweite Piezoelement derart angesteuert, dass es sich mechanisch in einer Längsrichtung ausdehnt, und das erste Piezoelement derart angesteuert, dass es mechanisch in der Längsrichtung kontrahiert. Alternativ könnte die erste Bewegung (z. B. eine Vorwärtsbewegung) aber auch von einer ersten Gruppe von Piezoelementen, und die Rückwärtsbewegung von einer unterschiedlichen zweiten Gruppe von Piezoelementen ausgeführt werden.

[0026] Vor dem eigentlichen Betrieb des erfindungsgemäßen Piezo-Aktuators wird die Anordnung aus mehreren Piezoelementen innerhalb des Piezo-Aktuators vorgespannt, um ein mögliches Spiel auszugleichen. Zu diesem Zweck wird wenigstens ein Piezoelement derart angesteuert, dass sich die Anordnung insgesamt mechanisch ausdehnt. Der erfindungsgemäße Piezo-Aktuator bzw. dessen Schlitten wird dadurch in eine vorgespannte Null-Position gebracht. Ausgehend von der Null-Position werden dann die Spannungen an den einzelnen Piezoelementen verändert, um eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung zu erzeugen.

Figurenliste

[0027] Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Aufsicht auf einen Piezo-Aktuator gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit zwei Piezoelementen;

Fig. 2 eine Seitenansicht auf den Piezo-Aktuator von **Fig. 1**;

Fig. 3 eine Frontansicht auf den Piezo-Aktuator von **Fig. 1**;

Fig. 4 eine Schnittansicht des Piezo-Aktuators gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 5 eine Schnittansicht eines Piezo-Aktuators gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung mit vier Piezoelementen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0028] Die **Fig. 1-3** zeigen verschiedenen Ansichten auf einen Piezo-Aktuator **1** mit zwei in Reihe angeordneten Piezoelementen **2a, 2b** (siehe **Fig. 4**). Der

Piezo-Aktuator **1** umfasst ein Gehäuse **8** und einen im Gehäuse **8** in einer Längsrichtung **L** beweglich angeordneten Schlitten **5**, der bei entsprechender Ansteuerung der Piezoelemente **2a, 2b** eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung in Längsrichtung **L** ausführt. Der Schlitten **5** hat ein freies, aus dem Gehäuse **8** herausragendes Ende **14**, an dem eine Bewegung bzw. Kraft übertragen werden kann.

[0029] **Fig. 4** zeigt eine seitliche Schnittansicht des Piezo-Aktuators gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung, in der die interne Konstruktion des Aktuators **1** gut zu erkennen ist.

[0030] Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst der Piezo-Aktuator **1** zwei in Reihe angeordnete Piezoelemente **2a, 2b**, zwischen denen ein Widerlager **4** angeordnet ist, an dem sich die Piezoelemente **2a, 2b** im Betrieb abstützen. Die Piezoelemente **2a, 2b** sind hier in einer Halterung **3** angeordnet, die im Wesentlichen zur einfacheren Assemblierung des Piezo-Aktuators **1** dient, da mehrere Piezoelemente **2a, 2b** gleichzeitig in den Schlitten **5** passgenau eingesetzt werden können. Das vorstehend genannte Widerlager **4** ist bei dieser Ausführungsform ein Teil der Halterung **3**. Alternativ könnte das Widerlager **4** aber auch ein Teil des Gehäuses **8** sein oder am Gehäuse **8** befestigt sein. Die Halterung **3** ist ebenfalls optional.

[0031] Um den Schlitten **5** vorwärts (in **Fig. 3** nach links) zu bewegen, wird das Piezoelement **2a** derart angesteuert, dass es sich mechanisch in der Längsrichtung **L** ausdehnt; das andere Piezoelement **2b** wird dagegen synchron derart angesteuert, dass es mechanisch in der Längsrichtung **L** kontrahiert. Da das Widerlager **4** bezüglich des Schlittens **5** ortsfest angeordnet ist, hat die vorstehend genannte Ansteuerung der Piezoelemente **2a, 2b** zur Folge, dass sich der Schlitten **5** nach links bewegt. Bei einer umgekehrten Ansteuerung der Piezoelemente **2a, 2b** bewegt sich der Schlitten **5** dagegen nach rechts in Rückwärtsrichtung.

[0032] Wie zu erkennen ist, arbeitet immer eines der beiden Piezoelemente **2a, 2b** im Druckmodus, d. h. es dehnt sich in Längsrichtung **L** aus. Das andere Piezoelement **2a, 2b** kontrahiert gleichzeitig. Das sich ausdehnende Piezoelement **2a** (bei einer Bewegung in Vorwärtsrichtung) bzw. **2b** (bei einer Bewegung in Rückwärtsrichtung) ist jeweils für die Kraftübertragung maßgeblich, so dass in beide Richtungen hohe Kräfte übertragen werden können.

[0033] Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Piezoelemente **2a, 2b** in einer gemeinsamen Halterung **3** angeordnet, die wiederum in den Schlitten **5** eingesetzt ist. Zur Befestigung der Halterung **3** am Gehäuse **8** sind mehrere Schraubverbindungen **9** vorgesehen.

[0034] Die Halterung **3** ist ferner so ausgebildet, dass die einzelnen Piezoelemente **2a**, **2b** jeweils an einem mittleren Abschnitt der Piezoelemente **2a**, **2b** festgeklemmt werden. Hierzu umfasst die Halterung **3** jeweils zwei gegenüberliegend angeordnete Klemmabschnitte, zwischen denen das jeweilige Piezoelement **2a**, **2b** festgeklemmt wird. Die Enden **6** der Piezoelemente **2a**, **2b** sind dagegen frei und werden nicht von der Seite her festgeklemmt. Die Haltevorrichtung **3** umfasst somit für jedes der Piezoelemente **2a**, **2b** eine Kammer **12**, in die das jeweilige Piezoelement **2a**, **2b** eingepresst wird.

[0035] Wie in **Fig. 4** zu erkennen ist, umgibt die Halterung **3** die gesamte Reihenordnung entlang eines geschlossenen Umfangs und hat entsprechend zwei in Längsrichtung **L** verlaufende Abschnitte und an jeder Stirnseite einen quer zur Längsrichtung verlaufenden Abschnitt **7**, an dem sich die voneinander weg zeigenden Enden **6** der Piezoelemente **2a**, **2b** anliegen. Die quer verlaufenden Abschnitte **7** sind dabei flexibel ausgebildet, so dass sie sich bei einer Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung elastisch verformen können und die Kraftübertragung auf den Schlitten **5** nicht bzw. nur unwesentlich beeinträchtigen.

[0036] Die einzelnen Piezoelemente **2a**, **2b** werden vorzugsweise an ihren lateralen Seiten bzw. Längsseiten elektrisch kontaktiert. An den in Längsrichtung **L** zeigenden Stirnseiten befinden sich vorzugsweise keine Elektroden.

[0037] Um den Piezo-Aktuator in eine vorgespannte Null-Position zu bringen, werden die beiden Piezoelemente **2a**, **2b** zunächst derart angesteuert, dass sie sich jeweils mechanisch ausdehnen und innerhalb des Schlittens **5** verspannen. Die dabei an den Piezoelementen **2a**, **2b** anliegende Spannung ist vorzugsweise für beide Piezoelemente **2a**, **2b** gleich groß. Die Spannung kann beispielsweise jeweils 50 V betragen, so dass sich beide Piezoelemente **2a**, **2b** z. B. jeweils um 10 µm ausdehnen. Zum Ausführen einer Vorwärtsbewegung wird dann, wie bereits beschrieben, die Spannung am Piezoelement **2a** beispielsweise erhöht und am zweiten Piezoelement **2b** synchron verringert, so dass sich der Schlitten **5** in **Fig. 4** nach links verlagert. Zum Ausführen einer Rückwärtsbewegung werden die Spannungen jeweils in umgekehrter Richtung verändert.

[0038] **Fig. 5** zeigt einen Piezo-Aktuator **1** mit insgesamt vier in Reihe angeordneten Piezoelementen **2a-2d** gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0039] Die beiden in der Mitte angeordneten Piezoelemente **2a**, **2b** sind wiederum innerhalb einer Halterung **3** angeordnet und dienen im Wesentlichen als Arbeitselemente zum Bewegen des Schlittens **5** in der Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung. Die bei-

den außen angeordneten Piezoelemente **2c**, **2d** dienen dagegen als Vorspannelemente, mit denen die Reihenordnung innerhalb des Schlittens **5** vorgespannt wird, um ein eventuelles Spiel auszugleichen. Die an den Piezoelementen **2c**, **2d** anliegende Spannung bleibt daher während des Betriebs des Piezo-Aktuators vorzugsweise konstant, während die an den Arbeitselementen **2a**, **2b** anliegende Spannung variiert wird. Eine umgekehrte Funktionalität der beiden Piezoelement-Paare **2a**, **2b**; **2c**, **2d** ist ebenfalls möglich.

[0040] Alternativ könnten die auf derselben Seite des Widerlagers **4** angeordneten Piezoelemente **2a**, **2c** bzw. **2b**, **2d** auch jeweils gemeinsam und gleichsinnig angesteuert werden, um eine Vorwärts- bzw. Rückwärtsbewegung zu erzeugen. Zum Ausführen einer Vorwärtsbewegung müssten beispielsweise die Piezoelemente **2a**, **2d** derart angesteuert werden, dass sie sich mechanisch ausdehnen, während die Piezoelemente **2b**, **2c** derart angesteuert werden, dass sie mechanisch kontrahieren. Zum Ausführen einer Rückwärtsbewegung wäre es genau umgekehrt.

[0041] Die jeweilige Betriebsart kann nach Wunsch vorgegeben werden. Zur Steuerung des Piezo-Aktuators **1** ist eine programmierbare Steuereinheit **10**, wie z. B. ein Mikrokontroller und eine Treibereinheit **11** mit Leistungselektronik, vorgesehen.

Patentansprüche

1. Piezo-Aktuator (1) mit wenigstens drei Piezoelementen (2a-2d), die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen, wobei wenigstens ein erstes und ein zweites der Piezoelemente (2a-2d) als Arbeitselemente (2a, 2b) betrieben werden, die eine lineare Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführen, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- wenigstens ein weiteres Piezoelement (2a-2d) vorgesehen ist, das dazu vorgesehen ist, einen Nullpunkt des Piezo-Aktuators (1) einzustellen, und dass
- eine Steuerung (10, 11) vorgesehen ist, die

- das wenigstens eine weitere Piezoelement (2c, 2d) in einer ersten Phase derart ansteuert, dass sich die gesamte Anordnung der wenigstens drei Piezoelemente (2a-2d) mechanisch ausdehnt, wodurch der Piezo-Aktuator (1) einen entsprechenden Nullpunkt einnimmt, und

- die Arbeitselemente (2a, 2b) in einer nachfolgenden zweiten Phase derart ansteuert, dass sich sowohl zum Ausführen einer Vorwärts- als auch zum Ausführen einer Rückwärtsbewegung wenigstens ein erstes der Arbeitselemente (2a, 2b) mechanisch in einer Längsrichtung (L) ausdehnt, und ein zweites der Arbeitselemente (2a, 2b) in der Längsrichtung (L) kontrahiert.

2. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen zwei der Piezoelemente (2a-2d) ein ortsfest angeordnetes Widerlager (4) vorgesehen ist, an dem sich die Piezoelemente (2a-2d) im Betrieb abstützen.

3. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Piezoelemente (2a-2d) innerhalb eines Schlittens (5) angeordnet sind, der eine Bewegung in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung ausführt.

4. Piezo-Aktuator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der Piezoelemente (2a-2d) in einer Halterung (3) angeordnet ist.

5. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halterung (3) mehrere Kammern (12) aufweist, in denen jeweils ein Piezoelement (2a-2d) angeordnet ist.

6. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halterung (3) quer zur Bewegungsrichtung (L) verlaufende Abschnitte (7) aufweist, an denen die voneinander weg zeigenden Enden (6) von Piezoelementen (2a-2d) anliegen, und dass die quer verlaufenden Abschnitte (7) flexibel ausgebildet sind, so dass sie sich bei einer Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung elastisch verformen können.

7. Piezo-Aktuator (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halterung (3) ein Widerlager (4) umfasst.

8. Piezo-Aktuator (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halterung (3) in einem Schlitten (5) angeordnet ist.

9. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schlitten (5) innerhalb eines Gehäuses (8) beweglich angeordnet ist.

10. Piezo-Aktuator (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halterung (3) am Gehäuse (8) fest montiert ist.

11. Verfahren zum Betreiben eines Piezo-Aktuators (1) mit wenigstens drei Piezoelementen (2a-2d), die durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Bewegung ausführen, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

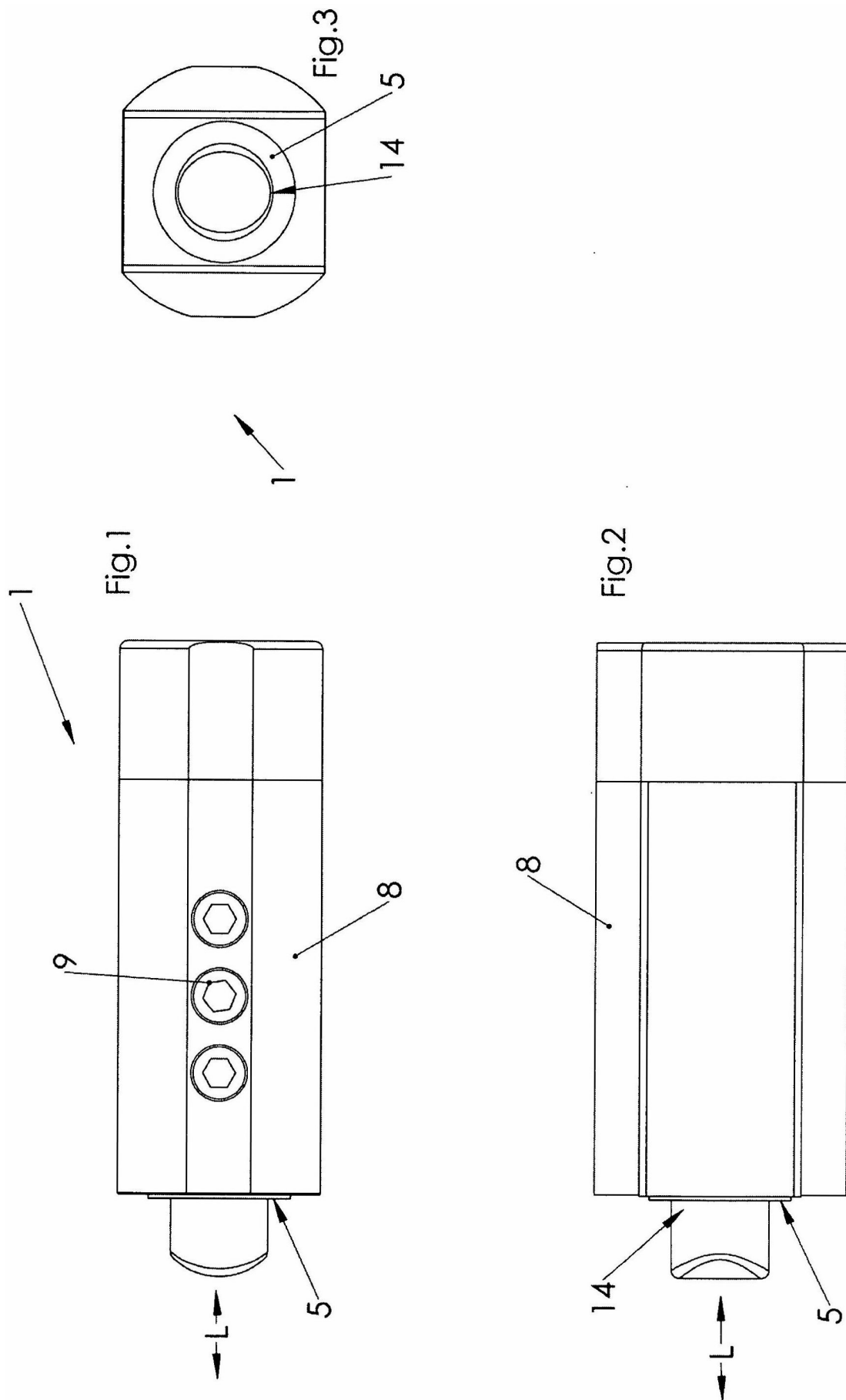
- Anlegen einer Spannung in einer ersten Phase an wenigstens eines der Piezoelemente (2a-2d), so dass sich die Anordnung der wenigstens drei Piezoelemente (2a-2d) mechanisch ausdehnt und der Piezo-Aktuator (1) infolgedessen einen Nullpunkt einnimmt und

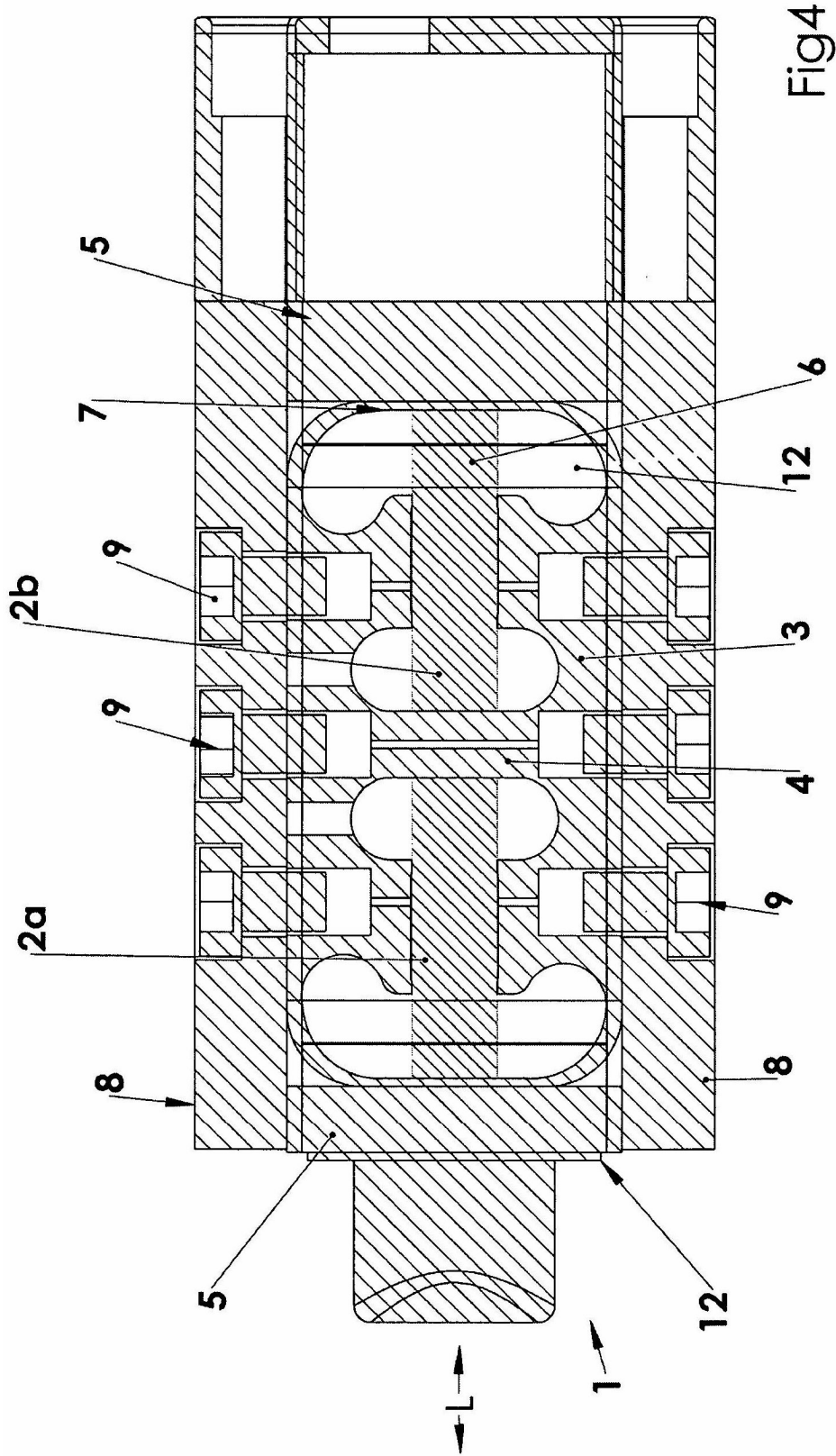
- Variieren der an einem ersten und einem zweiten der Piezoelemente (2a-2d) anliegenden Spannung in einer zweiten Phase, um eine Vorwärts- oder eine Rückwärtsbewegung auszuführen, wobei die Spannung so variiert wird, dass sich sowohl zum Ausführen der Vorwärtsbewegung als auch zum Ausführen der Rückwärtsbewegung wenigstens eines der Piezoelemente (2a, 2b) mechanisch ausdehnt und wenigstens ein anderes der Piezoelemente (2a, 2b) mechanisch kontrahiert.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Piezoelemente (2a-2d) derart angesteuert werden, dass die längenmäßige Ausdehnung des wenigstens einen ersten Piezoelements (2a-2d) synchron mit der längenmäßigen Kontraktion des wenigstens einen zweiten Piezoelements (2a-2d) einhergeht.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





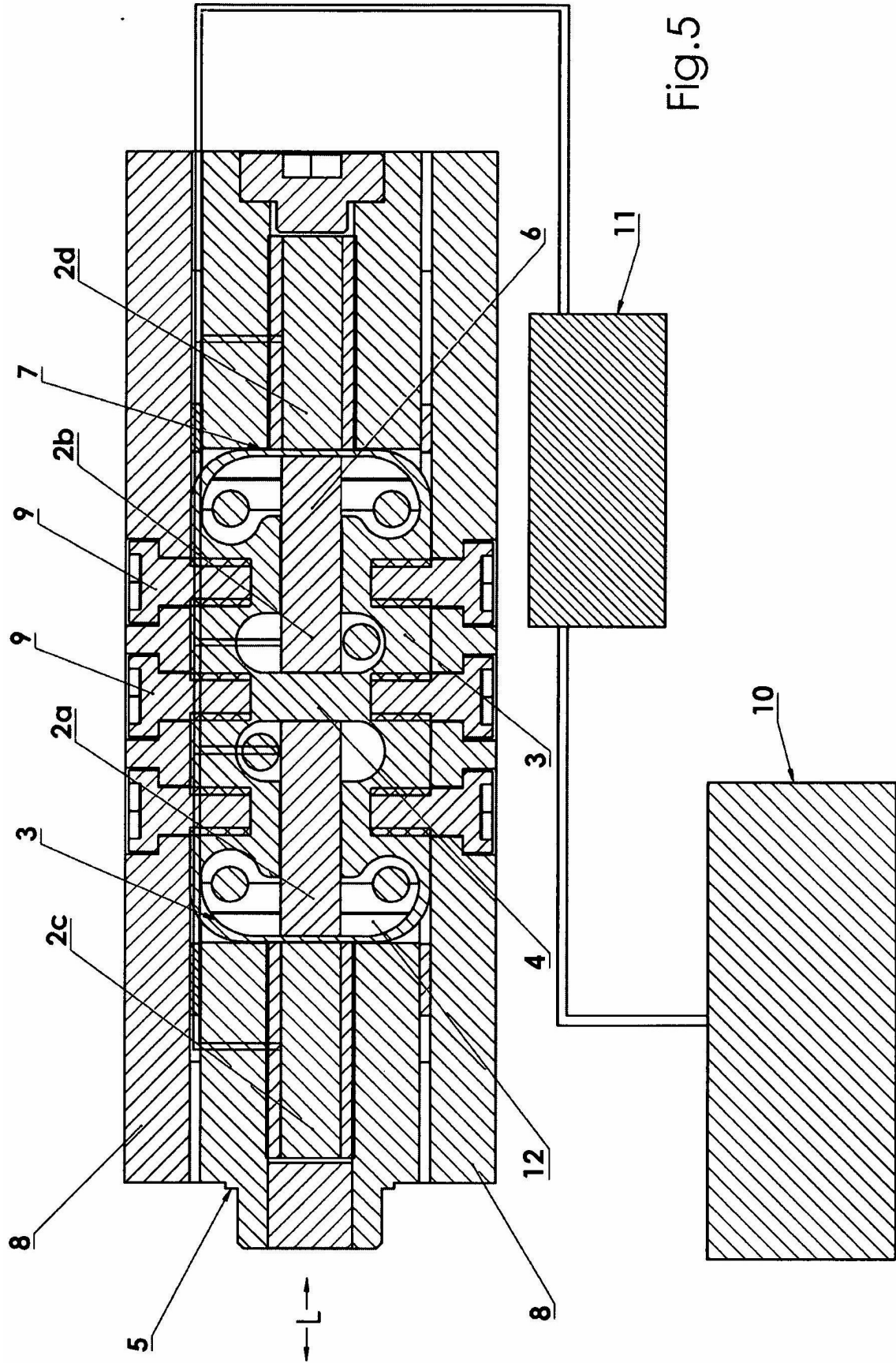


Fig. 5

3/3