



(10) **DE 10 2022 212 011 A1** 2024.05.16

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 212 011.6**

(22) Anmeldetag: **11.11.2022**

(43) Offenlegungstag: **16.05.2024**

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

F16K 11/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
memetis GmbH, 76185 Karlsruhe, DE

(74) Vertreter:
**Altmann Stößel Dick Patentanwälte PartG mbB,
68165 Mannheim, DE**

(72) Erfinder:
**Oßmer, Hinnerk, 76135 Karlsruhe, DE; Gültig,
Marcel, 76187 Karlsruhe, DE; Megnin, Christof,
67346 Speyer, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

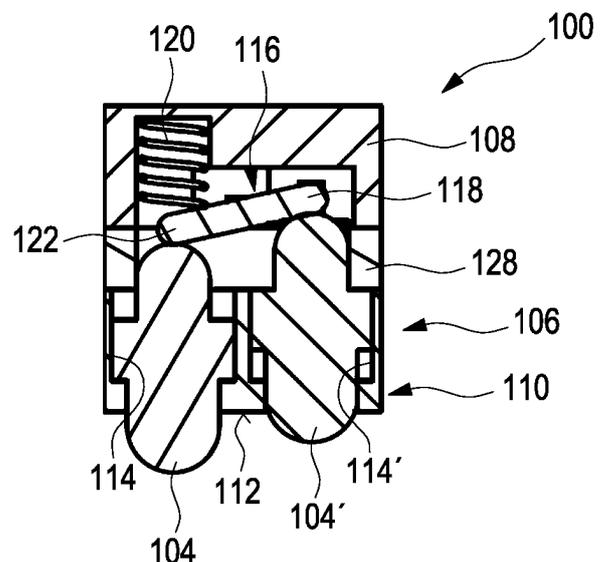
DE	10 2009 010 312	B3
DE	10 2010 051 742	A1
DE	10 2014 002 408	A1
DE	10 2018 201 444	A1
DE	20 2006 006 862	U1
US	9 115 820	B2
US	10 337 635	B2
US	10 396 646	B2
US	2001 / 0 047 828	A1
US	2019 / 0 353 269	A1
US	2020 / 0 347 834	A1
EP	0 719 395	B1
EP	2 256 388	A2
WO	85/ 00 047	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Ventil**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Ventil (100) vorgeschlagen. Das Ventil (100) umfasst mindestens einen Aktor (102, 102'), wobei der Aktor (102, 102') zumindest teilweise aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt ist, mindestens zwei Ventilbetätigungselemente (104, 104'), und einen Fluidkanal (136), wobei der Aktor (102, 102') eingerichtet ist, die Ventilbetätigungselemente (104, 104') wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass (138, 138') in den Fluidkanal (136) und/oder mindestens ein Auslass (140) aus dem Fluidkanal (136) zumindest teilweise blockiert oder geöffnet ist.



Beschreibung**Aufgabe der Erfindung**

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Ventil.

[0002] Bei der Realisierung von Mehrwegeventilen stellt sich die Aufgabe, das Öffnen und Schließen zweier oder mehrerer Ventileingänge oder Ventilausgänge mechanisch zu koppeln. Dies wird im Stand der Technik zum Teil mit Hebel- bzw. Wippenmechanismen gelöst, wie beispielsweise in der DE 10 2014 002 408 A1, DE 20 2006 006 862 U1 oder US 9 115 820 B2 beschrieben ist.

[0003] Um das Ventil elektrisch zu betätigen, wird im Stand der Technik auf verschiedene Aktortechnologien zurückgegriffen:

EP0 719 395 B1 und US 10 396 646 B2 offenbaren Wippenventile, die von elektromagnetischen Spulen (Solenoiden) betätigt werden. Derartige Aktoren können wegen der erforderlichen Spulen nicht beliebig verkleinert werden und senden magnetische Streufelder aus, die andere Bauteile beeinflussen können.

EP 2 256 388 A2 und DE 10 2010 051 742 A1 offenbaren Ventile mit Hebelmechanismus, die durch einen Piezoaktor betätigt werden. Dieser ist extrem präzise, jedoch nicht kompakt, und benötigt typischerweise hohe Betriebsspannungen.

US 10 337 635 B2 offenbart ein pneumatisch betriebenes Wippenventil. Dieses hat den Nachteil, dass für den Betrieb des Ventils ein externer Aufbau aus Druckquelle und Vorsteuerventilen erforderlich ist.

US 2020/0347834 A1 offenbart ein Ventil mit Hebelmechanismus, das von einem elektroaktiven Polymer betrieben wird. Elektroaktive Polymere sind als Aktortechnologie noch nicht ausgereift und können beispielsweise rasche Alterungserscheinungen oder eine geringe Temperaturbeständigkeit aufweisen. Das Ventil ist monostabil, d.h. es kann nur einen Schaltzustand stromlos halten.

US 2019/353269 A1 offenbart ein monostabiles Wippenventil, das von einem Formgedächtnisdraht betätigt wird. Der Formgedächtnisdraht ist in einem spitzen Bogen gespannt, wodurch die Bauhöhe des Ventils recht groß ist. Der Formgedächtnisdraht kann aufgrund des runden Drahtquerschnitts nur langsam durch Wärmeabgabe zurückgestellt werden.

[0004] Es wäre daher wünschenswert, ein Ventil bereitzustellen, welche die Nachteile bekannter Ventile zumindest weitgehend vermeidet. Insbesondere soll das Ventil ein in mindestens einer Raumrichtung besonders kompaktes, elektrisch betätigbares, energiesparendes Mehrwegeventil sein. Weiterhin soll das Ventil günstig herstellbar, exakt schaltbar und miniaturisierbar sein.

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

[0005] Diese Aufgabe wird adressiert durch ein Ventil mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs. Vorteilhafte Weiterbildungen, welche einzeln oder in beliebiger Kombination realisierbar sind, sind in den abhängigen Ansprüchen dargestellt.

[0006] Im Folgenden werden die Begriffe „haben“, „aufweisen“, „umfassen“ oder „einschließen“ oder beliebige grammatikalische Abweichungen davon in nicht-ausschließlicher Weise verwendet. Dementsprechend können sich diese Begriffe sowohl auf Situationen beziehen, in welchen, neben den durch diese Begriffe eingeführten Merkmalen, keine weiteren Merkmale vorhanden sind, oder auf Situationen, in welchen ein oder mehrere weitere Merkmale vorhanden sind. Beispielsweise kann sich der Ausdruck „A hat B“, „A weist B auf“, „A umfasst B“ oder „A schließt B ein“ sowohl auf die Situation beziehen, in welcher, abgesehen von B, kein weiteres Element in A vorhanden ist (d.h. auf eine Situation, in welcher A ausschließlich aus B besteht), als auch auf die Situation, in welcher, zusätzlich zu B, ein oder mehrere weitere Elemente in A vorhanden sind, beispielsweise Element C, Elemente C und D oder sogar weitere Elemente.

[0007] Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Begriffe „mindestens ein“ und „ein oder mehrere“ sowie grammatikalische Abwandlungen dieser Begriffe, wenn diese in Zusammenhang mit einem oder mehreren Elementen oder Merkmalen verwendet werden und ausdrücken sollen, dass das Element oder Merkmal einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann, in der Regel lediglich einmalig verwendet werden, beispielsweise bei der erstmaligen Einführung des Merkmals oder Elementes. Bei einer nachfolgenden erneuten Erwähnung des Merkmals oder Elementes wird der entsprechende Begriff „mindestens ein“ oder „ein oder mehrere“ in der Regel nicht mehr verwendet, ohne Einschränkung der Möglichkeit, dass das Merkmal oder Element einfach oder mehrfach vorgesehen sein kann.

[0008] Weiterhin werden im Folgenden die Begriffe „vorzugsweise“, „insbesondere“, „beispielsweise“ oder ähnliche Begriffe in Verbindung mit optionalen Merkmalen verwendet, ohne dass alternative Aus-

führungsformen hierdurch beschränkt werden. So sind Merkmale, welche durch diese Begriffe eingeleitet werden, optionale Merkmale, und es ist nicht beabsichtigt, durch diese Merkmale den Schutzzumfang der Ansprüche und insbesondere der unabhängigen Ansprüche einzuschränken. So kann die Erfindung, wie der Fachmann erkennen wird, auch unter Verwendung anderer Ausgestaltungen durchgeführt werden. In ähnlicher Weise werden Merkmale, welche durch „in einer Ausführungsform der Erfindung“ oder durch „in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung“ eingeleitet werden, als optionale Merkmale verstanden, ohne dass hierdurch alternative Ausgestaltungen oder der Schutzzumfang der unabhängigen Ansprüche eingeschränkt werden soll. Weiterhin sollen durch diese einleitenden Ausdrücke sämtliche Möglichkeiten, die hierdurch eingeleiteten Merkmale mit anderen Merkmalen zu kombinieren, seien es optionale oder nicht-optionale Merkmale, unangetastet bleiben.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Ventil vorgeschlagen. Das Ventil umfasst mindestens einen Aktor, wobei der Aktor zumindest teilweise aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt ist. Das Ventil umfasst weiterhin mindestens zwei Ventilbetätigungselemente. Das Ventil umfasst weiterhin einen Fluidkanal. Der Aktor ist eingerichtet, die Ventilbetätigungselemente wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass in den Fluidkanal und/oder mindestens ein Auslass aus dem Fluidkanal zumindest teilweise blockiert oder geöffnet ist.

[0010] Die genannten Materialien des Aktors haben den Vorteil, dass der Aktor seine Eigenschaften variieren kann, da intelligente Materialien eine oder mehrere Eigenschaften haben, die sich durch äußere Reize schnell und kontrolliert verändern lassen. Dabei liegen zwei verschiedene Phasen vor, die unterschiedliche Formen bzw. Strukturen aufweisen. Da diese Phasen unterschiedliche Geometrien, Formen oder Strukturen aufweisen, kann der Aktor seine Form und Abmessungen bis zu einem gewissen Grad kontrolliert verändern, um eine Bewegung eines weiteren Bauteils zu bewirken. Diese Bewegung kann zur Betätigung eines weiteren Bauteils verwendet werden, um eine Aktion wie das Umschalten zwischen mindestens zwei verschiedenen Positionen oder eine allmähliche und/oder vollständige lineare und gekrümmte Bewegung zu bewirken. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine solche durch das intelligente Material des Aktuators hervorgerufene allmähliche Bewegung eines Formgedächtnisses zur Realisierung einer Aktoranordnung verwendet werden kann, die durch eine Steuerung oder Regelung betrieben werden kann, z.B. ein Proportionalventil (z.B. zur Dosierung) oder ein Mischventil. Insbesondere wird die durch das Stellglied verursachte Bewegung zur Steuerung der Position

des Ventilbetätigungselements verwendet, das wiederum zur Steuerung des Zustands eines oder mehrerer Ventile der fluidtechnischen Einheit verwendet werden kann. Ferner kann der Aktuator durch die Verwendung eines Materials zur Miniaturisierung des Aktuators verwendet werden. Insbesondere erlaubt das Vorsehen von zwei Ventilbetätigungselementen ein Umschalten zwischen mehr als zwei Fluidkanälen, wie beispielsweise in der Art eines 3/2-Wegeventils.

[0011] Der mindestens eine Aktor kann zumindest teilweise aus einem Formgedächtnismaterial hergestellt sein. Solche Materialien haben den Vorteil, dass der Aktor in zwei verschiedenen Phasen vorliegen kann, die unterschiedliche Formen bzw. Strukturen ermöglichen. Da diese Phasen unterschiedliche Geometrien, Formen oder Strukturen aufweisen, kann der Aktor eine Bewegung eines weiteren Bauteils bis zu einer bestimmten Ausdehnung bewirken. Diese Bewegung des weiteren Bauteils kann dazu verwendet werden, eine Aktion wie das Umschalten zwischen mindestens zwei verschiedenen Positionen oder eine allmähliche und/oder vollständig lineare und gekrümmte Bewegung zu bewirken. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine solche durch den Formgedächtnisaktuator hervorgerufene allmähliche Bewegung zur Realisierung einer Aktuatorbaugruppe verwendet werden kann, die durch eine Steuerung oder Regelung betrieben werden kann, z.B. ein Proportionalventil (z.B. zur Dosierung) oder ein Mischventil. Insbesondere wird die Bewegung des Aktuators zur Steuerung der Position des Ventilbetätigungselements verwendet, das wiederum zur Steuerung des Zustands eines oder mehrerer Ventile der Fluidikeinheit verwendet werden kann. Durch die Verwendung eines Formgedächtnismaterials kann der Aktuator zudem miniaturisiert werden. Darüber hinaus ist die Betätigungseinheit mit der Fluidikeinheit verbindbar, so dass beide Teile leicht zu einer integrierten Einheit verbunden werden können und dadurch zusammenwirken.

[0012] Der mindestens eine Aktor kann zumindest teilweise aus einer Formgedächtnislegierung hergestellt sein, insbesondere eine NiTi oder eine NiTi-basierte ternäre oder quaternäre Legierung, insbesondere TiNiCu, TiNiHf, TiNiFe, TiNiCr. Solche Materialien sind besonders gut für die Anwendung der vorliegenden Erfindung geeignet und können gut verarbeitet werden.

[0013] Der mindestens eine Aktor kann im Wesentlichen planar und insbesondere flach ausgebildet sein. Dadurch weist dieser eine geringe Höhe oder Dicke auf. Entsprechend lässt sich das Ventil kompakter bzw. niedriger herstellen. Durch planare Geometrien, die in einer Raumrichtung deutlich kleiner sind als in den beiden anderen Raumrichtungen, können insbesondere Aktoren mit einem großen

Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis realisiert werden, die Wärme effizient abgeben und dadurch kürzere Schaltzeiten erreichen.

[0014] Die Ventilbetätigungselemente können im Wesentlichen zylindrisch, sphärisch oder keilförmig ausgebildet sein. Auch Kombinationen dieser Formen sind grundsätzlich denkbar. So kann die Form des Ventilbetätigungselements je nach Anwendungsfall entsprechend gewählt werden.

[0015] Das Ventil kann weiterhin ein Wippenelement umfassen, wobei das Wippenelement die zwei Ventilbetätigungselemente mechanisch verbinden kann, wobei der Aktor das Wippenelement berühren bzw. kontaktieren kann. Somit können die Ventilbetätigungselemente in synchroner Weise mittels eines einzigen Aktors bewegt werden, da der Aktor auf das Wippenelement einwirken kann.

[0016] Das Wippenelement kann die zwei Ventilbetätigungselemente derart mechanisch verbinden, dass die Ventilbetätigungselemente in entgegengesetzten Richtungen beweglich sind. Somit können die Ventilbetätigungselemente in entgegengesetzten Richtung in synchroner Weise bewegt werden.

[0017] Das Wippenelement kann um eine Wippenachse drehbar sein. Somit genügt eine einfache dreh- oder Schwenkbewegung des Wippenelements um die Ventilbetätigungselement zu bewegen.

[0018] Das Ventil kann weiterhin mindestens zwei Aktoren umfassen, wobei die Aktoren aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt sein können, wobei die Aktoren in entgegengesetzten Richtungen gegeneinander vorgespannt sein können. Somit können die Aktuatoren antagonistisch angeordnet werden. Dadurch werden die Aktuatoren von dem Wippenelement ausgelenkt, bis dieses eine stabile Bewegungsendlage erreicht.

[0019] Das Ventil kann weiterhin ein Wippenelement umfassen, wobei das Wippenelement die zwei Ventilbetätigungselemente mechanisch verbinden kann, wobei die Aktoren das Wippenelement berühren können. Somit können die Ventilbetätigungselemente in synchroner Weise bewegt werden.

[0020] Das Ventil kann weiterhin mindestens ein Magnetelement, insbesondere ein Permanentmagnetelement, umfassen, wobei das Magnetelement eingerichtet sein, das Wippenelement in einer vorbestimmten Wippenelementposition zu halten. Dadurch kann das Ventilbetätigungselement in einer stabilen Position gehalten werden.

[0021] Die vorbestimmte Wippenelementposition kann eine Position von zwei stabilen Positionen des Wippenelements sein. Dadurch kann das Ventilbetä-

tigungselement in einer stabilen Position gehalten werden.

[0022] Das Wippenelement kann an der Wippenachse drehbar gelagert sein. Somit ist das Wippenelement an der Wippenachse drehbar aufgehängt.

[0023] Alternativ kann das Wippenelement mittels mindestens eines Festkörpergelenks um die Wippenachse drehbar sein. Dies stellt eine Alternative zu einer Lagerung mittels einer Achse oder Drehstifts dar.

[0024] Das Ventil kann weiterhin mindestens ein Knickelement umfassen. Das Knickelement ist mit dem Wippenelement verbunden. Das Knickelement ist zum Bewegen des Wippenelements in mindestens eine stabile Endposition eingerichtet. Derartige Knickelemente nutzen eine mechanische Vorspannung aus, um bei Kräfteinwirkung in eine andere Form überzugehen. Insbesondere ist das Knickelement mit einer Stelle des Wippenelements verbunden, die von einer Position der Wippenachse abweicht. Insbesondere kann das Knickelement mit einem Ende des Wippenelements verbunden sein. Beispielsweise ist an beiden gegenüberliegenden Enden des Wippenelements jeweils ein Knickelement angeordnet und erlaubt somit eine Drehung des Wippenelements um die Wippenachse ohne, dass das Wippenelement drehbar gelagert sein muss.

[0025] Jeweils ein Aktor kann einem Ventilbetätigungselement zugeordnet sein. Somit kann jedes Ventilbetätigungselement unabhängig vom anderen Ventilbetätigungselement betätigt werden.

[0026] Das Ventil kann weiterhin mindestens eine Feder umfassen, wobei die Feder eingerichtet sein kann, mindestens ein Ventilbetätigungselement in Richtung zu einer vorbestimmten Position vorzuspannen. Dadurch kann das Ventilbetätigungselement in eine stabile Position gezwungen werden.

[0027] Die Feder kann mit dem Wippenelement verbunden sein oder dieses berühren, wobei die Feder eingerichtet sein kann, das Wippenelement in Richtung zu einer vorbestimmten Wippenelementposition derart vorzuspannen, dass eines der Ventilbetätigungselemente in Richtung zu der vorbestimmten Position vorgespannt ist. Dadurch kann das Ventilbetätigungselement in eine stabile Position gezwungen werden.

[0028] Das Ventil kann weiterhin eine Elektronikleiterplatte umfassen. Somit können Elektronikkomponenten vorgesehen werden.

[0029] Die Elektronikleiterplatte kann mindestens eine Energiequelle aufweisen. Alternativ oder

zusätzlich kann die Energiequelle eine externe Energiequelle sein, die mittels Kabel, einer integrierten Batterie oder einer induktiven Ladeschnittstelle verbunden ist.

[0030] Die Elektronikleiterplatte kann mindestens eine Schnittstelle aufweisen, wobei die Schnittstelle zum Kommunizieren mit einer externen Elektronikvorrichtung eingerichtet ist. Beispielsweise weist die Elektronikleiterplatte einen Microcontroller, ASIC oder dergleichen auf, der die digitale Kommunikation übernimmt. Dieser kann auch Aufgaben wie effizientes Energie-Management, Überwachung des Ventilzustands und der Umgebungsbedingungen, Predictive Maintenance, Steuerung und Regelung des Ventils übernehmen.

[0031] Die Schnittstelle kann eingerichtet sein, mit der externen Elektronikvorrichtung auf digitale Weise, kabelgebundene Weise und/oder in kabelloser Weise zu kommunizieren.

[0032] Die Elektronikleiterplatte kann einen Anschluss zum Verbinden mit einer externen Energiequelle aufweisen. Somit kann eine externe Energieversorgung angeschlossen werden.

[0033] Das Ventil kann weiterhin eine Leiterplatte mit mindestens einer Leiterbahn umfassen, wobei der Aktor mit der Leiterplatte und der Leiterbahn mittels eines Befestigungselements befestigt ist. Somit kann der Aktor befestigt und mit Strom versorgt werden. Bevorzugt ist der Aktor an zwei äußeren Enden elektrisch leitfähig an Leiterbahnen angeschlossen, so dass über diese ein Heizstrom an den Aktor angelegt werden kann und das Formgedächtnismaterial des Aktors so von der Martensit- in die Austenitphase überführen kann. Dadurch strebt der Aktor in eine voreingeprägte Form, die hier bevorzugt eine planare Ausgangsform ist, und kann dabei Kraft und Stellweg aufbringen, um das Ventil bzw. die Ventilbetätigungselemente zu betätigen.

[0034] Der Aktor kann mit der Leiterplatte und der Leiterbahn mittels des Befestigungselements permanent befestigt sein. Das Befestigungselement kann ein Niet sein. Auf diese Weise kann eine Befestigung realisiert werden, die nur bei der Zerstörung derselben gelöst werden kann.

[0035] Die Leiterbahn kann eingerichtet sein, den Aktor mit Strom zu versorgen. Somit kann der zum Bewirken der Formveränderung, durch beispielsweise Erwärmen, im Fall von Formgedächtnislegierungen, des Aktors erforderliche Strom zugeführt werden.

[0036] Das Ventil kann weiterhin mindestens einen Positionssensor umfassen, wobei der Positionssensor zum Erfassen einer Position der Ventilbetäti-

gungselemente eingerichtet ist. Somit kann die Stellung des Aktors beobachtet und überprüft werden.

[0037] Der Aktor kann als Positionssensor ausgebildet sein oder der Positionssensor kann ein Hall-Sensor, ein kapazitiver Sensor, ein induktiver Sensor, eine resistiver Sensor, eine Photodiode oder ein Laser sein. Somit können verschiedene Arten von Positionssensoren vorgesehen werden. Der Aktor kann auch eine Selbsterfassung (sogenanntes „Self-Sensing“) des Ventilbetätigungselements ermöglichen, indem dieser selbst als Positionssensor ausgebildet ist. Beispielsweise kann die Position durch Messung des elektrischen Widerstands des Formgedächtnismaterials bestimmt werden.

[0038] Das Ventil kann weiterhin ein Dichtelement umfassen, wobei das Dichtelement zum Abdichten mindestens eines Ventilsitzes eingerichtet ist. So kann jedes Ventil durch ein eigenes Dichtelement abgedeckt werden, oder alle Ventile können durch ein einziges Dichtelement abgedeckt werden, was eine flüssigkeitsdichte Anordnung ergibt.

[0039] Das Dichtelement kann aus einem Elastomer hergestellt sein. Somit kann das Dichtelement flexibel ausgebildet sein.

[0040] Das Dichtelement kann als Dichtmembran ausgebildet sein. Somit kann das Dichtelement vergleichsweise dünn ausgebildet sein.

[0041] Die Ventilbetätigungselemente können eingerichtet sein, das Dichtelement zu berühren, um den mindestens einen Einlass in den Fluidkanal und/oder den Auslass aus dem Fluidkanal wahlweise zumindest teilweise zu blockieren oder freizugeben. Somit kann das Dichtungselement auf einen Ventilsitz gedrückt oder von diesem entfernt werden, um den Öffnungsbereich des Kanals zu steuern.

[0042] Das Ventil kann ein Sitz- oder Membranventil sein. Somit können verschiedene Arten von Ventilen realisiert werden.

[0043] Der mindestens eine Aktor kann eingerichtet sein, mittels Variierens eines Ansteuerstroms die Ventilbetätigungselemente stufenlos zu bewegen.

[0044] Der Begriff „Aktor“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf ein beliebiges Element oder Bauteil beziehen, das so gestaltet ist, dass es einen Mechanismus oder ein System bewegt oder steuert. Der Aktor kann durch eine Energiequelle, typischer-

weise elektrischen Strom oder Wärme, betrieben werden.

[0045] Der Begriff „intelligenter Werkstoff“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf ein Material beziehen, das speziell entwickelt wurden, um in bestimmter Weise selbstständig auf sich verändernde Umgebungsbedingungen zu reagieren (z. B. Temperaturerhöhungen, mechanische Belastung, pH-Wert). Im weiteren Sinne gehören alle Werkstoffe dazu, deren Eigenschaften durch aktive Steuerung (z. B. über eine elektrische Spannung) auf eine Weise beeinflusst werden können, wie es mit gewöhnlichen Materialien nicht möglich ist. Der Begriff kann sich ohne Einschränkung auf jedes Material beziehen, das eine oder mehrere Eigenschaften aufweist, die sich durch äußere Reize, wie Stress, Feuchtigkeit, elektrische oder magnetische Felder, Licht, Temperatur, pH-Wert oder chemische Verbindungen, in kontrollierter Weise erheblich verändern lassen. Intelligente Materialien bilden die Grundlage für viele Anwendungen, darunter Sensoren und Aktoren oder künstliche Muskeln, insbesondere als elektroaktive Polymere. Zu den Begriffen, die zur Beschreibung von intelligenten Materialien verwendet werden, gehören Formgedächtnismaterial (SMM) und Formgedächtnistechnologie. Es gibt eine Reihe von Arten von intelligenten Materialien, von denen einige bereits weit verbreitet sind. Einige nicht erschöpfende Beispiele sind piezoelektrische Materialien, Formgedächtnislegierungen, Formgedächtnispolymere, photovoltaische oder optoelektronische Materialien, elektroaktive Polymere, magnetostriktive Materialien, magnetisches Formgedächtnis und temperaturabhängige Polymere.

[0046] Der Begriff „Formgedächtnismaterial“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf jedes Material beziehen, das die Fähigkeit hat, von einem verformten Zustand (vorübergehende Form) in seine ursprüngliche (dauerhafte) Form zurückzukehren, die durch einen externen Stimulus (Auslöser), z. B. eine Temperaturänderung, hervorgerufen wird. Solche Formgedächtnismaterialien können Formgedächtnispolymere (SMP) oder Formgedächtnislegierungen (SMA) sein. Bei einer Formgedächtnislegierung handelt es sich beispielsweise um eine Legierung, die in kaltem Zustand verformt werden kann, aber bei Erwärmung in ihre vor-

verformte („erinnerte“) Form zurückkehrt. Formgedächtnispolymere unterscheiden sich von Formgedächtnislegierungen durch ihren Glasübergang oder Schmelzübergang von einer harten zu einer weichen Phase, der für den Formgedächtniseffekt verantwortlich ist. Bei Legierungen mit Formgedächtnis sind martensitische/austenitische Übergänge für den Formgedächtniseffekt verantwortlich.

[0047] Der Begriff „Ventil“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Vorrichtung oder ein Objekt beziehen, das den Fluss eines Fluids (Gase, Flüssigkeiten, fluidisierte Feststoffe oder Schlämme) durch Öffnen, Schließen oder teilweises Verschließen verschiedener Durchgänge oder Kanäle reguliert, lenkt oder steuert. Bei einem offenen Ventil fließt das Fluid in einer Richtung von höherem Druck zu niedrigerem Druck. Die Hauptbestandteile des gebräuchlichsten Ventiltyps sind der Ventilkörper, das Gehäuse und die Haube. Die beiden letztgenannten Teile bilden das Gehäuse, das die durch das Ventil fließende Fluid (Flüssigkeit oder Gas) aufnimmt.

[0048] Der Begriff „Ventilbetätigungselement“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Vorrichtung beziehen, die eingerichtet ist, um bei Betätigung oder Bewegung den Durchfluss eines Fluides durch Öffnen, Schließen oder teilweises Verschließen eines Durchgangs oder Kanals zu regulieren, zu lenken oder zu steuern. Ein solches Ventilbetätigungselement kann auch als Ventilkörper bezeichnet werden.

[0049] Der Begriff „vorgespannt“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf einen vorgespannten Zustand einer Form beziehen. Mit anderen Worten, eine vorgespannte Struktur oder ein vorgespanntes Element wird in Bezug auf seine ursprüngliche Form (ohne äußere Kräfte) und im Falle eines Formgedächtnismaterials die Gedächtnisform verformt.

[0050] Der Begriff „Wippenelement“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine

gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Vorrichtung oder ein Bauteil beziehen, das ähnlich wie ein Hebel oder ein Balken geformt ist und einen Drehpunkt zwischen beiden Seiten bzw. Enden hat.

[0051] Der Begriff „Leiterplatte“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf jede Vorrichtung beziehen, die geeignet ist, eine oder mehrere Leiterbahnen zu tragen oder zu halten. Eine solche Leiterplatte kann eine gewöhnliche Leiterplatte aus einem starren Material, eine Leiterplatte aus einem flexiblen Material wie Kapton oder ein dreidimensionales Gehäuse mit darauf angebrachten Leiterbahnen sein. Der Begriff kann sich insbesondere, ohne Einschränkung, auf eine laminierte Sandwichstruktur aus leitenden und isolierenden Schichten beziehen. Bei der Leiterplatte handelt es sich vorzugsweise um eine gedruckte Schaltung (PCB) oder eine gedruckte Verdrahtungsplatte (PWB). Leiterplatten haben zwei sich ergänzende Funktionen. Die erste besteht darin, elektronische Bauteile durch Lötens an den dafür vorgesehenen Stellen auf den Außenschichten anzubringen. Die zweite besteht darin, zuverlässige elektrische Verbindungen (und auch zuverlässige offene Stromkreise) zwischen den Bauteilanschlüssen in einer kontrollierten Art und Weise herzustellen, die oft als PCB-Design bezeichnet wird. Jede der leitenden Schichten ist mit einem Muster von Leitern versehen (ähnlich wie Drähte auf einer flachen Oberfläche), die die elektrischen Verbindungen auf dieser leitenden Schicht herstellen. In einem anderen Fertigungsverfahren werden Durchgangslöcher (Vias) hinzugefügt, die die Verbindungen zwischen den Lagen ermöglichen. Leiterplatten tragen elektronische Bauteile mechanisch mit Hilfe von leitenden Pads, die so geformt sind, dass sie die Anschlüsse des Bauteils aufnehmen können, und verbinden sie auch elektrisch mit Hilfe von Leiterbahnen, Ebenen und anderen Merkmalen, die aus einer oder mehreren Kupferblechschichten geätzt werden, die auf und/oder zwischen Blechschichten eines nicht leitenden Substrats laminiert sind. Die Bauteile werden im Allgemeinen auf die Leiterplatte gelötet, um sie sowohl elektrisch zu verbinden als auch mechanisch zu befestigen. Gedruckte Leiterplatten werden in fast allen elektronischen Produkten und in einigen elektrischen Produkten wie passiven Schaltkästen verwendet.

[0052] Der Begriff „Leiterbahn“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnli-

che und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Bahn aus einem elektrisch leitenden Material wie Kupfer oder Gold beziehen, die so gestaltet ist, dass sie eine elektrische Verbindung zwischen mindestens zwei Bauteilen herstellt.

[0053] Der Begriff „permanent befestigt“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Befestigung beziehen, die nicht oder nicht ohne Zerstörung der Verbindungselemente wieder gelöst werden kann. Eine solche dauerhafte Fixierung oder Befestigung ist vorzugsweise ein Formschluss oder eine formschlüssige Befestigung. Ein nicht einschränkendes Beispiel für eine dauerhafte Befestigung ist die Befestigung von zwei Verbindungselementen durch einen Niet.

[0054] Der Begriff „Niet“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf ein dauerhaftes mechanisches Befestigungsmittel beziehen. Vor dem Einbau besteht ein Niet aus einem glatten zylindrischen Schaft mit einem Kopf an einem Ende. Das dem Kopf gegenüberliegende Ende wird als Schwanz bezeichnet. Bei der Montage wird der Niet in ein gestanztes oder gebohrtes Loch gesetzt, und das Ende wird gestaucht oder gebogen (d. h. verformt), so dass es sich auf etwa das 1,5-fache des ursprünglichen Schaftdurchmessers ausdehnt und den Niet an seinem Platz hält. Mit anderen Worten: Durch das Schlagen oder Ziehen entsteht ein neuer „Kopf“ am Ende des Schwanzes, indem das „Schwanz“-Material abgeflacht wird, was zu einer Niete führt, die ungefähr die Form einer Hantel hat. Zur Unterscheidung der beiden Nietenden wird der ursprüngliche Kopf als Werkskopf und das verformte Ende als Werkstattkopf oder Buck-Tail bezeichnet. Diese Art der Verbindung ermöglicht es, gleichzeitig eine formschlüssige und eine kraftschlüssige Verbindung herzustellen.

[0055] Der Begriff „Elektronikleiterplatte“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiterer Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne

Beschränkung, sich insbesondere auf jede Vorrichtung beziehen, die geeignet ist, Leiterbahnen und elektronische Bauelemente wie eine Spannungsquelle, einen Mikrocontroller, einen Chip und dergleichen zu tragen. Eine solche Leiterplatte kann eine gewöhnliche Leiterplatte aus einem starren Material, eine Leiterplatte aus einem flexiblen Material wie Kapton oder ein dreidimensionales Gehäuse mit darauf angebrachten Leiterbahnen und elektronischen Bauteilen sein.

[0056] Der Begriff „Knickelement“, wie er hier verwendet wird, ist ein weiter Begriff, dem seine gewöhnliche und gängige Bedeutung beigemessen werden soll, wie der Fachmann sie versteht. Der Begriff ist nicht beschränkt auf eine spezielle oder angepasste Bedeutung. Der Begriff kann, ohne Beschränkung, sich insbesondere auf eine Feder beziehen, die aus einem Federstahl besteht. Der Federstahl kann dabei die Form eines Streifens oder eine andere beliebige geeignete Form aufweisen. Der Stahl ist so geprägt, dass er einen stabilen und einen metastabilen Zustand aufweist. Durch Kraftereinwirkung wird er verbogen, bis er plötzlich durch Beulen den metastabilen Zustand durchläuft. Es erfolgt also ein plötzliches Umspringen an diesem Punkt. Lässt die Kraft wieder nach, erfolgt das Zurückspringen. Bekannt sind solche Knickelemente als Knackfrosch. Mechanismen, die auf vergleichbaren Prinzipien basieren, werden in vielen technischen Anwendungen benutzt. Schließ- und Haltemechanismen sind allerdings meistens bistabil, also in beiden Zuständen stabil, ausgeführt. Ein Beispiel hierfür sind Klemmen zum Verschluss von Teebeuteln. Das Prinzip wird außerdem häufig bei Haarspangen aus Blech angewandt. Hier führt jedoch nicht eine Einprägung, sondern eine Verbiegung zweier Arme und deren Vernietung zu den beiden gespannten Zuständen (bistabiles Verhalten). Eine analoge Anwendung sind Tastschalter, z. B. im Bedienteil vieler Elektronikgeräte, wie Computermäusen, die einen spürbaren Druckpunkt aufweisen sollen. Hier wird der Effekt jedoch hauptsächlich taktil wahrgenommen. Die Knackfeder ist hier auch zumeist das kontaktgebende Bauteil und wird Schnappscheibe genannt.

[0057] Zusammenfassend werden, ohne Beschränkung weiterer möglicher Ausgestaltungen, folgende Ausführungsformen vorgeschlagen:

Ausführungsform 1: Ventil, umfassend mindestens einen Aktor, wobei der Aktor zumindest teilweise aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt ist, mindestens zwei Ventilbetätigungselemente, und einen Fluidkanal, wobei der Aktor eingerichtet ist, die Ventilbetätigungselemente wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass in den Fluidkanal und/oder mindestens ein Auslass

aus dem Fluidkanal zumindest teilweise blockiert oder geöffnet ist.

Ausführungsform 2: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der mindestens eine Aktor zumindest teilweise aus einem Formgedächtnismaterial hergestellt ist.

Ausführungsform 3: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der mindestens eine Aktor zumindest teilweise aus einer Formgedächtnislegierung hergestellt ist, insbesondere eine NiTi oder eine NiTi-basierte ternäre oder quaternäre Legierung, insbesondere TiNiCu, TiNiHf, TiNiFe, TiNiCr.

Ausführungsform 4: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der mindestens eine Aktor im Wesentlichen planar und insbesondere flach ausgebildet ist.

Ausführungsform 5: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Ventilbetätigungselemente im Wesentlichen zylindrisch, sphärisch oder keilförmig ausgebildet sind.

Ausführungsform 6: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend ein Wippenelement, wobei das Wippenelement die zwei Ventilbetätigungselemente mechanisch verbindet, wobei der Aktor das Wippenelement berührt.

Ausführungsform 7: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei das Wippenelement die zwei Ventilbetätigungselemente derart mechanisch verbindet, dass die Ventilbetätigungselemente in entgegengesetzten Richtungen beweglich sind.

Ausführungsform 8: Ventil nach einer der beiden vorhergehenden Ausführungsformen, das Wippenelement um eine Wippenachse drehbar ist.

Ausführungsform 9: Ventil nach einer der drei vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend mindestens zwei Aktoren, wobei die Aktoren aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt sind, wobei die Aktoren in entgegengesetzten Richtungen gegeneinander vorgespannt sind.

Ausführungsform 10: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei das Wippenelement die zwei Ventilbetätigungselemente mechanisch verbindet, wobei die Aktoren das Wippenelement berühren.

Ausführungsform 11: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, weiterhin umfassend mindestens ein Magnelement, insbesondere ein Permanentmagnelement, wobei das Magnelement eingerichtet ist, das Wippenelement

in einer vorbestimmten Wippenelementposition zu halten.

Ausführungsform 12: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die vorbestimmte Wippenelementposition eine Position von zwei stabilen Positionen des Wippenelements ist.

Ausführungsform 13: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 12, wobei das Wippenelement an der Wippenachse drehbar gelagert ist.

Ausführungsform 14: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 12, wobei das Wippenelement mittels mindestens eines Festkörpergehäuses um die Wippenachse drehbar ist

Ausführungsform 15: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, weiterhin umfassend mindestens ein Knickelement, wobei das mindestens eine Knickelement mit dem Wippenelement verbunden ist, insbesondere mit einer Stelle, die von einer Position der Wippenachse abweicht, wobei das Knickelement zum Bewegen des Wippenelements in mindestens eine stabile Endposition eingerichtet ist.

Ausführungsform 16: Ventil nach einer der beiden vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Knickelement eingerichtet ist, das Wippenelement in einer vorbestimmten Wippenelementposition zu halten.

Ausführungsform 17: Ventil nach einer der Ausführungsformen 9 bis 16, wobei jeweils ein Aktor einem Ventilbetätigungselement zugeordnet ist.

Ausführungsform 18: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 17, weiterhin umfassend mindestens eine Feder, wobei die Feder eingerichtet ist, mindestens ein Ventilbetätigungselement in Richtung zu einer vorbestimmten Position vorzuspannen.

Ausführungsform 19: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Feder mit dem Wippenelement verbunden ist oder das Wippenelement berührt, wobei die Feder eingerichtet ist, das Wippenelement in Richtung zu einer vorbestimmten Wippenelementposition derart vorzuspannen, dass eines der Ventilbetätigungselemente in Richtung zu der vorbestimmten Position vorgespannt ist.

Ausführungsform 20: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 19, wobei die Ventilbetätigungselemente getrennt von dem Wippenelement ausgebildet sind oder fest mit dem Wippenelement verbunden sind.

Ausführungsform 21: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 20, weiterhin umfassend ein Halteelement mit einem Eingriffselement, wobei das Eingriffselement eingerichtet ist in

Einrastpositionen an dem Wippenelement einzugreifen.

Ausführungsform 22: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 21, wobei das Ventil mindestens zwei, bevorzugt getrennte, Fluidkanäle mit jeweils mindestens zwei Einlässen und mindestens einem Auslass und mindestens zwei Wippenelemente aufweist, wobei die Wippenelemente um eine gemeinsame Wippenachse drehbar und fest miteinander verbunden sind.

Ausführungsform 23: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 22, wobei sich die Ventilbetätigungselemente auf der gleichen Seite des Wippenelements oder sich auf gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements befinden.

Ausführungsform 24: Ventil nach einer der Ausführungsformen 6 bis 23, weiterhin umfassend ein Dichtelement, wobei das Wippenelement in dem Dichtelement mit einer Wippenelementdurchführung eingelassen ist, welche den Fluidkanal medientrennend abschließt.

Ausführungsform 25: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend eine Elektronikleiterplatte.

Ausführungsform 26: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform die Elektronikleiterplatte mindestens eine Energiequelle aufweist.

Ausführungsform 27: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Energiequelle eine externe Energiequelle ist, die mittels Kabel, einer integrierten Batterie oder einer induktiven Ladeschnittstelle verbunden ist.

Ausführungsform 28: Ventil nach einer Ausführungsformen 21 bis 23, wobei die Elektronikleiterplatte mindestens eine Schnittstelle aufweist, wobei die Schnittstelle zum Kommunizieren mit einer externen Elektronikvorrichtung eingerichtet ist.

Ausführungsform 29: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei die Schnittstelle eingerichtet ist, mit der externen Elektronikvorrichtung auf digitale Weise, kabelgebundene Weise und/oder in kabelloser Weise zu kommunizieren.

Ausführungsform 30: Ventil nach einer Ausführungsformen 25 bis 29, wobei die Elektronikleiterplatte einen Anschluss zum Verbinden mit einer externen Energiequelle aufweist.

Ausführungsform 31: Ventil nach einer der Ausführungsformen 25 bis 30, wobei das Ventil weiterhin mindestens ein auf der Elektronikleiterplatte angeordnetes elektronisches Bauteil aufweist, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus: Mikrochip, insbesondere integrierter Mikrochip, Mikrocontroller, insbesondere

integrierter Mikrocontroller, ASIC, Sensor, insbesondere Temperatursensor und/oder Durchflussmesser.

Ausführungsform 32: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend eine Leiterplatte mit mindestens einer Leiterbahn, wobei der Aktor mit der Leiterplatte und der Leiterbahn mittels eines Befestigungselements befestigt ist.

Ausführungsform 33: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der Aktor mit der Leiterplatte und der Leiterbahn mittels des Befestigungselements permanent befestigt ist.

Ausführungsform 34: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei das Befestigungselement ein Niet ist.

Ausführungsform 35: Ventil nach einer der Ausführungsformen 32 bis 35, wobei die Leiterbahn eingerichtet ist, den Aktor mit Strom zu versorgen.

Ausführungsform 36: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend mindestens einen Positionssensor, wobei der Positionssensor zum Erfassen einer Position der Ventilbetätigungselemente, des mindestens einen Aktors und/oder des Wippenlements eingerichtet ist.

Ausführungsform 37: Ventil nach der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der Aktor als Positionssensor ausgebildet ist oder wobei der Positionssensor ein Hall-Sensor, ein kapazitiver Sensor, ein induktiver Sensor, eine resistiver Sensor, eine Photodiode oder ein Laser ist.

Ausführungsform 38: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, weiterhin umfassend ein Dichtelement, wobei das Dichtelement zum Abdichten mindestens eines Ventilsitzes eingerichtet ist.

Ausführungsform 39: Ventil nach einer der beiden vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Dichtelement aus einem Elastomer hergestellt ist.

Ausführungsform 40: Ventil nach einem der drei vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Dichtelement als Dichtmembran ausgebildet ist.

Ausführungsform 41: Ventil nach einem der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Ventil ein Sitzventil oder Membranventil ist.

Ausführungsform 42: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der mindestens eine Aktor eingerichtet ist, mittels Variierens eines Ansteuerstroms die Ventilbetätigungselemente stufenlos zu bewegen.

Ausführungsform 43: Ventil nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der mindestens eine Aktor aus einem Aktorsteg besteht, aus zwei sich kreuzenden Aktorstegen besteht, aus Aktorstegen besteht, die als Spiralarmlinge ausgebildet sind, aus Aktorstegen besteht, die als Mäander ausgebildet sind, der Aktor eine Wippenelementangriffsöffnung aufweist, und/oder aus Aktorstegen besteht, die als aneinandergereihte Schlaufen ausgebildet sind.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0058] Weitere Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, insbesondere in Verbindung mit den Unteransprüchen. Hierbei können die jeweiligen Merkmale für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Ausführungsbeispiele sind in den Figuren schematisch dargestellt. Gleiche Bezugsziffern in den einzelnen Figuren bezeichnen dabei gleiche oder funktionsgleiche bzw. hinsichtlich ihrer Funktionen einander entsprechende Elemente.

[0059] Im Einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Ventils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Teils eines Ventils in einem ersten Betriebszustand;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht des Ventils der **Fig. 2**;

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines Teils des Ventils in einem zweiten Betriebszustand;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht des Ventils der **Fig. 4**;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht eines weiteren Zweikanal-Ventils in einem ersten Betriebszustand;

Fig. 7 eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils der **Fig. 6**;

Fig. 8 eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils der **Fig. 6**;

Fig. 9 eine Explosionsansicht des Ventils der **Fig. 6**;

Fig. 10 eine perspektivische Ansicht eines gekoppelten Zweikanal-Ventils in einem ersten Betriebszustand;

Fig. 11 eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils der **Fig. 10**;

Fig. 12 eine perspektivische Ansicht des Zweikanal-Ventils in einem zweiten Betriebszustand;

Fig. 13 eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils der **Fig. 12**;

Fig. 14 eine Querschnittsansicht eines weiteren Ventils;

Fig. 15 eine Draufsicht auf das Ventil der **Fig. 14**;

Fig. 16 eine Seitenansicht von Teilen des Ventils der **Fig. 14** in einem ersten Betriebszustand;

Fig. 17 eine Seitenansicht von Teilen des Ventils der **Fig. 14** in einem zweiten Betriebszustand;

Fig. 18 eine Querschnittsansicht eines weiteren Ventils;

Fig. 19 eine Seitenansicht von Teilen des Ventils der **Fig. 18** in einem ersten Betriebszustand;

Fig. 20 eine Seitenansicht von Teilen des Ventils der **Fig. 18** in einem zweiten Betriebszustand;

Fig. 21 eine teilweise Explosionsansicht des Ventils der **Fig. 18**;

Fig. 22 eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils;

Fig. 23 eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils;

Fig. 24 eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils;

Fig. 25 eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils;

Fig. 26 eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils;

Fig. 27 eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Teils eines Ventils gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 28 eine Querschnittsansicht des Ventils der **Fig. 27**;

Fig. 29 eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Ventils gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 30 eine Querschnittsansicht des Ventils aus **Fig. 29**;

Fig. 31 eine perspektivische Explosionsdarstellung von Teilen eines Ventils gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 32 eine Querschnittsansicht des Ventils der **Fig. 31**;

Fig. 33 eine Draufsicht auf einen weiteren möglichen Aktor;

Fig. 34 eine Draufsicht auf einen weiteren möglichen Aktor;

Fig. 35 eine Draufsicht auf einen weiteren möglichen Aktor;

Fig. 36 eine Draufsicht auf einen weiteren möglichen Aktor;

Fig. 37 eine Draufsicht auf einen weiteren möglichen Aktor;

Fig. 38 eine perspektivische Ansicht des Aktors der **Fig. 37**;

Fig. 39 zeigt eine Explosionsdarstellung eines Ventils gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0060] **Fig. 1** eine Querschnittsansicht eines Ventils 100 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Ventil 100 kann Teil eines Aktormoduls oder einer Aktorvorrichtung sein. Das Aktormodul oder die Aktorvorrichtung kann mehrere Ventile aufweisen. Das Ventil 100 weist mindestens einen Aktor 102 auf. Der Aktor 102 ist zumindest teilweise aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt. Der intelligente Werkstoff ist vorzugsweise ein Formgedächtnismaterial, wie beispielsweise eine Formgedächtnislegierung, insbesondere NiTi oder eine ternäre oder quaternäre Legierung auf NiTi-Basis, insbesondere TiNiCu, TiNiHf, TiNiFe, TiNiCr. Der Aktor 102 ist im Wesentlichen planar geformt. Der Aktor 102 ist insbesondere im Wesentlichen flach geformt. Der Aktor 102 weist eine Dicke von 10 µm bis 200 µm, vorzugsweise 15 µm bis 180 µm und besonders bevorzugt 20 µm bis 50 µm, beispielsweise 25 µm, auf. Es versteht sich jedoch, dass der Aktor 102 grundsätzlich jede beliebige Form aufweisen kann, wie beispielsweise drahtförmig. Die Verwendung von dünnen, strukturierten Formgedächtnislegierungen ermöglicht eine hohe Packungsdichte sowie Platz- und Gewichtseinsparungen. Derartige Aktoren 102 benötigen weniger elektrische Antriebsleistung als herkömmliche Aktoren 102, wie beispielsweise Solenoide, und bieten eine reduzierte Selbsterhitzung, was besonders bei der Handhabung von biologischem Probenmaterial wichtig ist. Sie ermöglichen ein schnelleres Schalten als drahtförmige Aktoren 102 aus einem Formgedächtnismaterial, da sie durch ein höheres Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis die durch Bestromung erzeugte Wärme schneller an die Umgebung abgeben und den Ventilzustand zurückstellen können.

[0061] Das Ventil 100 umfasst ferner mindestens zwei Ventilbetätigungselemente 104, 104', d.h. ein erstes Ventilbetätigungselement 104 und ein zweites Ventilbetätigungselement 104'. Die Ventilbetäti-

gungselemente 104, 104' sind jeweils kugelförmig ausgebildet. Das hat Vorteile beim Anpressen einer flexiblen Membran an einen Ventilsitz durch eine Selbstzentrierung sowie Dichtung über Kante anstatt Fläche.

[0062] Das Ventil 100 umfasst ein Rahmenteil 106. Das Rahmenteil 106 dient als einer Art Gehäuse. Das Rahmenteil 106 kann mehrteilig wie beispielsweise zweiteilig ausgebildet sein und ein Oberteil 108 und ein Unterteil 110 aufweisen. Das Rahmenteil 106 umfasst eine Vorderfläche 112. Die Vorderfläche 112 befindet sich an dem Unterteil 110. Die Ventilbetätigungselemente 104, 104' sind in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest zwischen einer inneren Position, in der das Ventilbetätigungselement 104 in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest teilweise in das Innere des Rahmenteils 106 zurückgezogen ist, und einer äußeren Position, in der das Ventilbetätigungselement 104 in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest teilweise von der Vorderfläche 112 und von dem Rahmenteil 106 weg vorsteht, linear bewegbar. Der Rahmenteil 106 definiert zu diesem Zweck mindestens eine Führung 114, die so gestaltet ist, dass sie die Ventilbetätigungselemente 104, 104' linear führt. Dabei ist für jedes der Ventilbetätigungselemente 104, 104' eine Führung 114 vorgesehen. Die Führungen 114 sind in dem Unterteil 110 ausgebildet.

[0063] Das Ventil 100 umfasst weiterhin ein Wippenelement 116. Das Wippenelement 116 koppelt die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' mechanisch. Insbesondere koppelt das Wippenelement 116 die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' derart mechanisch, dass die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' in entgegengesetzte Richtungen bewegbar sind. Der Aktor 102 berührt das Wippenelement 116 und ist somit mit diesem mechanisch gekoppelt. Genauer ist der Aktor 102 mit einem ersten Ende 118 des Wippenelements 116 gekoppelt.

[0064] Das Ventil 100 umfasst weiterhin mindestens eine Feder 120. Die Feder 120 ist mit dem Wippenelement 116 gekoppelt. Genauer ist die Feder 120 mit einem zweiten Ende 122 des Wippenelements 116 gekoppelt. Auf diese Weise sind der Aktor 102 und die Feder 120 auf gegenüberliegenden Seiten einer Wippenachse 124 des Wippenelements 116 angeordnet, um die das Wippenelement 116 bei der gezeigten Ausführungsform an der Wippenachse 124 drehbar gelagert, wie beispielsweise mittels eines Drehzapfens oder Drehstifts 126. Die Feder 120 ist so konfiguriert, dass sie das Wippenelement 116 in Richtung einer vorbestimmten Wippenelementposition vorspannt, so dass eines der beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' in Richtung einer vorbestimmten Ventilbetätigungselementposition vorgespannt ist.

[0065] Über den Ventilbetätigungselementen 104, 104' ist das Wippenelement 116 angeordnet, um beide Ventilbetätigungselemente 104, 104' mechanisch so zu koppeln, dass, wenn sich ein Ventilbetätigungselement 104, 104' in seiner oberen bzw. inneren Endstellung befindet, sich das jeweils andere nur in seiner unteren bzw. äußeren Endstellung befinden kann. Der Aktor 102, der aus seiner Gedächtnisform heraus von dem Wippenelement 116 weg verformt ist, ist auf einer Seite des Wippenelements 116 angeordnet und die vorgespannte Feder 120 ist auf einer gegenüberliegenden Seite des Wippenelements 116 so angeordnet, dass Aktor 102 und Feder 120 durch das Wippenelement 116 mechanisch gekoppelt sind und sich gegenseitig entgegenwirken.

[0066] Das Ventil 100 weist weiterhin eine Leiterplatte 128 auf. Die Leiterplatte 128 weist mindestens eine Leiterbahn 130 (**Fig. 2**) auf. Der Aktor 102 kann mit Hilfe von Befestigungselementen 132, wie beispielsweise Nieten 134 (**Fig. 2**), auf der Leiterplatte 128 befestigt werden. Genauer ist der Aktor 102 mittels der Niete 134 mit der Leiterbahn 130 und somit mit der Leiterplatte 128 befestigt. Die Leiterbahn 130 erlaubt eine Stromzufuhr zu dem Aktor 102. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Feder 120 und den Aktor 102 in Bezug auf das Wippenelement 116 anzuordnen. In diesem Beispiel sind die Feder 120 und der Aktor 102 oberhalb des Wippenelements 116 angeordnet, so dass sie jeweils eine Seite des Wippenelements 116 nach unten drücken können. So ist der Aktor 102 aus seiner Ebene, in der er sich aufgrund seiner flachen Ausbildung im Wesentlichen erstreckt, verformbar.

[0067] Das Ventil 100 weist einen Fluidkanal 136 auf. Der Aktor 102 ist eingerichtet, die Ventilbetätigungselemente 104, 104' wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass 138 in den Fluidkanal 136 und/oder mindestens ein Auslass 140 aus dem Fluidkanal 136 zumindest teilweise und insbesondere auch vollständig blockiert oder geöffnet ist. Bei dem gezeigten Ventil 100 sind dabei ein erster Einlass 138 in den Fluidkanal 136, ein zweiter Einlass 138' in den Fluidkanal 136 und ein Auslass 140 aus dem Fluidkanal 140 vorgesehen. Der Auslass 140 befindet sich zwischen dem ersten Einlass 138' und dem zweiten Einlass 138'. Bei dem gezeigten Ventil 100 kann der Aktor 102 bei Stromzufuhr zu dem Aktor 102 das Wippenelement 116 beispielsweise betätigen, dass das erste Ventilbetätigungselement 104 eine erste Ventilöffnung 142, die beispielsweise mit dem Einlass 138 in den Fluidkanal 136 kommuniziert, zumindest teilweise freigibt, wie in der Stellung der **Fig. 1** gezeigt ist, und das zweite Ventilbetätigungselement 104' eine zweite Ventilöffnung 142', die beispielsweise mit dem zweiten Einlass 138' kommuniziert, zumindest teilweise blockiert, wie in der Stellung der **Fig. 1** gezeigt ist. Die Bezeichnungen Einlass 138, 138' und Auslass 140

sind dabei beliebig austauschbar, da diese sich lediglich auf die Förderrichtung des Fluids beziehen. Ohne Stromzufuhr zu dem Aktor 102 kann aufgrund der Vorspannung der Feder 120 der Aktor 102 das Wippenelement 116 beispielsweise betätigen, dass das erste Ventilbetätigungselement 104 eine erste Ventilöffnung 142, die beispielsweise mit dem Einlass 138 in den Fluidkanal 136 kommuniziert, zumindest teilweise blockiert, und das zweite Ventilbetätigungselement 104' eine zweite Ventilöffnung 142', die beispielsweise mit dem zweiten Einlass 138' kommuniziert, zumindest teilweise freigibt.

[0068] Die Vorspannung der Feder 120 ist so bemessen, dass sie genügend Kraft aufbringt, um das erste Ventilbetätigungselement 104 indirekt über das Wippenelement 116 nach unten in seine äußere Endstellung zu drücken, um das Ventil 100 gegen einen Fluiddruck geschlossen zu halten, und gleichzeitig indirekt über das Wippenelement 116 den Aktor 102 aus seiner Gedächtnisform auszulenken. Der Aktor 102 und seine Vorverformung sind so positioniert und dimensioniert, dass er bei Erwärmung, z.B. durch einen ausreichend hohen elektrischen Heizstrom, der zwischen seinen Enden angelegt wird, das zweite Ventilbetätigungselement 104' indirekt über das Wippenelement 116 nach unten in seine äußere Endlage drücken kann und dadurch eine Bewegung des Ventilbetätigungselements 104 nach oben in seine innere Endlage ermöglicht. Die Einstellung des dem Aktor 102 zugeführten Stroms ermöglicht es auch, Zwischenpositionen des Wippenelements 116 und damit Zwischenpositionen der beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' zwischen ihren Endpositionen einzunehmen, z. B. um eine proportionale Mischung zwischen zwei durch zwei Fluidkanäle zugeführte Fluiden herzustellen.

[0069] Die Haltekraft des Aktors 102 im bestromten Zustand ist dabei größer als die Summe der Kraft der Feder 120 und der größtmöglichen der Feder 120 entgegenwirkenden Kraft, die durch an das Ventil 100 angelegten hydrostatischen Druck an Einlass 138 und/oder Auslass 140 zustande kommen kann. Die Haltekraft der Feder 120 als passives Halteelement ist größer als die Summe der Kraft des Aktors 102 im unbestromten Zustand und der größtmöglichen dem Halteelement entgegenwirkenden Kraft, die durch an das Ventil 100 angelegten hydrostatischen Druck an Einlass 138 und/oder Auslass 140 zustande kommen kann.

[0070] Der Vorteil eines solchen gekoppelten Zweikanal-Ventils mit monostabiler Funktion ist, dass es die erste Ventilöffnung 142 geschlossen und einen zweite Ventilöffnung 142' gleichzeitig für beliebige Zeitintervalle offen halten kann, ohne Energie zu verbrauchen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn ein synchronisiertes Umschalten zwischen einem Standardkanal (erster Kanal), der die meiste

Zeit geöffnet ist, und einem Abflusskanal (zweiter Kanal), der nur für spezielle Vorgänge geöffnet ist, eingerichtet werden muss. Darüber hinaus kann eine proportionale Vermischung von zwei Flüssigkeiten in beliebigen Mischungsverhältnissen durch Anpassung der Stromversorgung des Aktors 102 hergestellt werden.

[0071] Das Ventil 100 weist insbesondere ein Fluidteil 144 auf, in dem der Fluidkanal 136 mit den Einlässen 138, 138' und dem Auslass 140 ausgebildet ist. Das Rahmenteil 106 ist mit dem Fluidteil 144 verbunden, insbesondere fest oder permanent verbunden, wie beispielsweise verklebt, verschweißt, verschraubt oder mittels Pressstiften (hier nicht näher gezeigt) miteinander verbunden. Genauer ist das Oberteil 108, das als ein Gehäuse ausgebildet ist, mit dem Fluidteil 144 verbunden. Das Wippenelement 116 ist mit dem Drehstift 126 in dem Fluidteil 144 des Ventils 100 in zwei Nuten 146 einer Wippenachslagerung 148 (Fig. 9) um die Wippenachse 124 drehbar gelagert. Das Wippenelement 116 weist auf einer dem Fluidteil 144 abgewandten Oberseite 150 einen Vorsprung 152 auf, der beispielsweise zylinderförmig ausgebildet ist. Der Vorsprung 152 dient als Angriffspunkt 154 für den Aktor 102 und stellt sicher, dass die aus ihrer Erstreckungsebene heraus ausgelenkten Aktorstegte des Aktors 102 in einem Mindestradius gekrümmt sind und so punktuelle Materialüberlastung vermieden wird.

[0072] Auf der dem Angriffspunkt 154 für den Aktor 102 gegenüberliegenden Seite des Wippenelements 116 ist oberhalb die vorgespannte Feder 120 angeordnet, die als Rückstellelement dient. Die Feder 120 ist zwischen dem Wippenelement 116 und einer Struktur im Oberteil 108 des Rahmentails 106 des Ventils 100 vorgespannt eingeklemmt. Bei Stromzufuhr wird der Aktor 102 ausgelenkt, d.h. er strebt in seine flache Ausgangs- bzw. Gedächtnisform.

[0073] Unterhalb des Wippenelements 116 ist beiderseits der Wippenachse 124 je eines der als Schließkörper dienenden kugelförmigen Ventilbetätigungselemente 104, 104' angeordnet, die in der Kugelführung 114 im Unterteil 110 des Rahmentails 106 senkrecht zu Ventilsitzen 162, 162' des Fluidkanals 136 in dem Fluidteil 144 geführt sind. Die zwei Ventilsitze 162, 162' sind mit je einem Einlass 138 sowie einem Auslass 140 verbunden. Es sind somit zwei Einlässe 138, 138' und ein Auslass 140 vorhanden. Dabei ist der Auslass 140 zwischen den Einlässen 138, 138' angeordnet. Aus- und Einlässe 138, 138' 140 münden in Öffnungen auf der Unterseite des Fluidteils 144. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Bezeichnungen Einlass und Auslass lediglich der Unterscheidung dienen. In Abhängigkeit davon, welche Differenzdrücke zwischen den Öffnungen 138, 138', 140 anliegen, können diese als Einlass oder Auslass wirken. So kann das Ventil 100

bei der gezeigten Ausführungsform zwei Auslässe und einen Einlass aufweisen.

[0074] Der Fluidkanal 136 wird durch ein Dichtelement 164 in Form einer flexiblen Membran 166 medientrennend abgeschlossen. Die Membran 166 ist beispielsweise aus einem Elastomer hergestellt. Die Ventilsitze 162, 162' sind so angeordnet, dass sie sich jeweils durch Anpressen einer der kugelförmigen Ventilbetätigungselemente 104, 104' auf die Membran 166 durch einen Arm des Wippenelements 116 schließen lassen. Im unbestromten Zustand des Ventils 100 ist die Kraft der Feder 120 größer als die des Aktors 102. Die Feder 120 drückt somit den zweiten Arm des Wippenelement 116 auf das zweite kugelförmige Ventilbetätigungselement 104', welches wiederum die Membran 166 auf den zweiten Ventilsitz 162' drückt und diesen verschließt. Der erste Arm des Wippenelement 116 wirkt zugleich gegen den (unbestromten) Aktor 102 und lenkt diesen aus der Ebene heraus aus. Das erste kugelförmige Ventilbetätigungselement 104 kann somit von der elastischen Membran 166 vom ersten Ventilsitz 162 weggedrückt werden, so dass der erste Ventilsitz 162 offen ist. In **Fig. 1** ist der linke bzw. erste Ventilsitz 162 normal-geöffnet und der rechte bzw. zweite Ventilsitz 162' normal-geschlossen. In **Fig. 1** ist der linke bzw. erste Ventilsitz 162 als geöffnet und der rechte bzw. zweite Ventilsitz 162' als geschlossen gezeigt. Wird ein ausreichend hoher Strom an den Aktor 102 angelegt, zieht dieser sich in Richtung seiner flachen Ursprungsform bzw. Aktorebene zusammen und überwindet die Kraft der ihm entgegenwirkenden Feder 120. Das Wippenelement 116 rotiert um die Wippenachse 124, so dass sie nun das erste kugelförmige Ventilbetätigungselement 104 über die Membran 166 auf den ersten Ventilsitz 162 presst, während das zweite kugelförmige Ventilbetätigungselement 104' entlastet und durch die Membran 166 vom zweiten Ventilsitz 162' abgehoben bzw. entfernt wird.

[0075] **Fig. 2** eine perspektivische Ansicht eines Teils eines Ventils 100 in einem ersten Betriebszustand. **Fig. 3** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils 100 der **Fig. 2**. **Fig. 4** zeigt eine perspektivische Ansicht des Ventils 100 in einem zweiten Betriebszustand. **Fig. 5** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils 100 der **Fig. 4**. Nachstehend werden insbesondere Unterschiede zu dem in **Fig. 1** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0076] Das Ventil 100 ist beispielsweise ein Zweikanalventil. Das Ventil 100 kann Teil eines Aktormoduls oder einer Aktorvorrichtung sein. Das Aktormodul oder die Aktorvorrichtung kann mehrere Ventile aufweisen. Das Ventil 100 weist mindestens einen Aktor 102 auf. Der Aktor 102 ist zumindest teilweise

aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt. Der intelligente Werkstoff ist vorzugsweise ein Formgedächtnismaterial, wie beispielsweise eine Formgedächtnislegierung, insbesondere NiTi oder eine ternäre oder quaternäre Legierung auf NiTi-Basis, insbesondere TiNiCu, TiNiHf, TiNiFe, TiNiCr. Der Aktor 102 ist im Wesentlichen planar geformt. Der Aktor 102 ist insbesondere im Wesentlichen flach geformt. Der Aktor 102 weist eine Dicke von 10 µm bis 200 µm, vorzugsweise 15 µm bis 180 µm und besonders bevorzugt 20 µm bis 50 µm, beispielsweise 25 µm, auf. Es versteht sich jedoch, dass der Aktor 102 grundsätzlich jede beliebige Form aufweisen kann, wie beispielsweise drahtförmig. Die Verwendung von dünnen, strukturierten Formgedächtnislegierungen ermöglicht eine hohe Packungsdichte sowie Platz- und Gewichtseinsparungen. Derartige Aktoren 102 benötigen weniger elektrische Antriebsleistung als herkömmliche Aktoren 102, wie beispielsweise Solenoide, und bieten eine reduzierte Selbsterhitzung, was besonders bei der Handhabung von biologischem Probenmaterial wichtig ist. Sie ermöglichen ein schnelleres Schalten als drahtförmige Aktoren 102 aus einem Formgedächtnismaterial, da sie durch ein höheres Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis die durch Bestromung erzeugte Wärme schneller an die Umgebung abgeben und den Ventilzustand zurückstellen können.

[0077] Das Ventil 100 umfasst ferner mindestens zwei Ventilbetätigungselemente 104, 104', d.h. ein erstes Ventilbetätigungselement 104 und ein zweites Ventilbetätigungselement 104'. Die Ventilbetätigungselemente 104 weisen jeweils eine zylindrische Form mit halbkugelförmigen Ende auf. Das hat Vorteile beim Anpressen einer flexiblen Membran an einen Ventilsitz durch eine Selbstzentrierung sowie Dichtung über Kante anstatt Fläche. Insbesondere sind die Ventilbetätigungselemente 104 in der vorliegenden Ausführungsform als Stößel ausgebildet. Der Aktor 102 ist dazu ausgebildet, die Ventilbetätigungselemente 104 so zu bewegen, dass das Ventil 100 mindestens einen Fluidkanal (nicht näher gezeigt) blockiert oder freigibt. Insbesondere erlaubt eine Bewegung eines Ventilbetätigungselements 104, 104', dass mindestens ein Fluidkanal selektiv sperrt oder öffnet, wie im Folgenden noch näher beschrieben wird.

[0078] Das Ventil 100 umfasst ein Rahmenteil 106. Das Rahmenteil 106 dient als einer Art Gehäuse. Das Rahmenteil 106 kann mehrteilig wie beispielsweise zweiteilig ausgebildet sein und ein Oberteil 108 und ein Unterteil 110 aufweisen. Das Rahmenteil 106 umfasst eine Vorderfläche 112. Die Vorderfläche 112 befindet sich an dem Unterteil 110. Die Ventilbetätigungselemente 104, 104' sind in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest zwischen einer inneren Position, in der das Ventilbetätigungselement 104 in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest teilweise

in das Innere des Rahmenteils 106 zurückgezogen ist, und einer äußeren Position, in der das Ventilbetätigungselement 104 in Bezug auf die Vorderfläche 112 zumindest teilweise von der Vorderfläche 112 und von dem Rahmenteil 106 weg vorsteht, linear bewegbar. Der Rahmenteil 106 definiert zu diesem Zweck mindestens eine Führung 114, die so gestaltet ist, dass sie die Ventilbetätigungselemente 104, 104' linear führt. Dabei ist für jedes der Ventilbetätigungselemente 104, 104' eine Führung 114 vorgesehen. Die Führungen 114 sind in dem Unterteil 110 ausgebildet.

[0079] Das in den **Fig. 2 bis 5** dargestellte Ventil 100 umfasst weiterhin ein Wippenelement 116. Das Wippenelement 116 koppelt die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' mechanisch. Insbesondere koppelt das Wippenelement 116 die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' derart mechanisch, dass die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' in entgegengesetzte Richtungen bewegbar sind. Der Aktor 102 berührt das Wippenelement 116 und ist somit mit diesem mechanisch gekoppelt. Genauer ist der Aktor 102 mit einem ersten Ende 118 des Wippenelements 116 gekoppelt.

[0080] Das Ventil 100 umfasst weiterhin mindestens eine Feder 120. Die Feder 120 ist mit dem Wippenelement 116 gekoppelt. Genauer ist die Feder 120 mit einem zweiten Ende 122 des Wippenelements 116 gekoppelt. Auf diese Weise sind der Aktor 102 und die Feder 120 auf gegenüberliegenden Seiten einer Wippenachse 124 des Wippenelements 116 angeordnet, um die das Wippenelement 116 drehbar ist. Insbesondere ist das Wippenelement 116 bei der gezeigten Ausführungsform an der Wippenachse 124 drehbar gelagert, wie beispielsweise mittels eines Drehzapfens oder Drehstifts 126. Die Feder 120 ist so konfiguriert, dass sie das Wippenelement 116 in Richtung einer vorbestimmten Wippenelementposition vorspannt, so dass eines der beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' in Richtung einer vorbestimmten Ventilbetätigungselementposition vorgespannt ist.

[0081] Das in den **Fig. 2 bis 5** gezeigte Ventil 100 ist ein Ausführungsbeispiel für ein gekoppeltes Zweikanal-Ventil 100 mit monostabiler Funktionalität. **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Querschnittsansicht des Ventils in einem eingeschaltetem oder bestromtem Zustand, und **Fig. 4** zeigt eine perspektivische Querschnittsansicht des Ventils in einem nicht eingeschalteten oder stromlosen Zustand. Die beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' sind in entsprechenden Führungen 114, 114' innerhalb des Unterteils 110 des Rahmenteils 106 so geführt, dass sie sich zwischen ihren jeweiligen inneren und äußeren Endlagen frei bewegen können. In einem vollständig montierten Zustand entspricht das Ventilbetätigungselement 104, 104' in der äußeren Endstellung einem vollständigen

geschlossenem Ventil 100 und das Ventilbetätigungselement 104, 104' in der inneren Endstellung einem vollständig geschlossenem Ventil.

[0082] Über den Ventilbetätigungselementen 104, 104' ist das Wippenelement 116 angeordnet, um beide Ventilbetätigungselemente 104, 104' mechanisch so zu koppeln, dass, wenn sich ein Ventilbetätigungselement 104, 104' in seiner oberen bzw. inneren Endstellung befindet, sich das jeweils andere nur in seiner unteren bzw. äußeren Endstellung befinden kann. Der Aktor 102, der aus seiner Gedächtnisform heraus von dem Wippenelement 116 weg verformt ist, ist auf einer Seite des Wippenelements 116 angeordnet und die vorgespannte Feder 120 ist auf einer gegenüberliegenden Seite des Wippenelements 116 so angeordnet, dass Aktor 102 und Feder 120 durch das Wippenelement 116 mechanisch gekoppelt sind und sich gegenseitig entgegenseitig wirken.

[0083] Das Ventil 100 weist weiterhin eine Leiterplatte 128 auf. Die Leiterplatte 128 weist mindestens eine Leiterbahn 130 auf. Der Aktor 102 kann mit Hilfe von Befestigungselementen 132, wie beispielsweise Nieten 134, auf der Leiterplatte 128 befestigt werden. Genauer ist der Aktor 102 mittels der Niete 134 mit der Leiterbahn 130 und somit mit der Leiterplatte 128 befestigt. Die Leiterbahn 130 erlaubt eine Stromzufuhr zu dem Aktor 102. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Feder 120 und den Aktor 102 in Bezug auf das Wippenelement 116 anzuordnen. In diesem Beispiel sind die Feder 120 und der Aktor 102 oberhalb des Wippenelements 116 angeordnet, so dass sie jeweils eine Seite des Wippenelements 116 nach unten drücken können. So ist der Aktor 102 aus seiner Ebene, in der er sich aufgrund seiner flachen Ausbildung im Wesentlichen erstreckt, verformbar.

[0084] Das Ventil 100 weist einen in den **Fig. 5 bis 5** nicht näher gezeigten Fluidkanal 136 (**Fig. 1 und 7 bis 9**) auf. Der Aktor 102 ist eingerichtet, die Ventilbetätigungselemente 104, 104' wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass 138 (**Fig. 1 und 7 bis 9**) in den Fluidkanal 136 und/oder mindestens ein Auslass 140 (**Fig. 1 und 7 bis 9**) aus dem Fluidkanal 136 zumindest teilweise und insbesondere auch vollständig blockiert oder geöffnet ist. Bei dem gezeigten Ventil 100 kann der Aktor 102 bei Stromzufuhr zu dem Aktor 102 das Wippenelement 116 beispielsweise betätigen, dass das erste Ventilbetätigungselement 104 eine erste Ventilöffnung 142, die beispielsweise mit dem Einlass 138 in den Fluidkanal 136 kommuniziert, zumindest teilweise freigibt, wie in der Stellung der **Fig. 3** gezeigt ist, und das zweite Ventilbetätigungselement 104' eine zweite Ventilöffnung 142', die beispielsweise mit dem Auslass 140 kommuniziert, zumindest teilweise blockiert, wie in der Stellung der **Fig. 3** gezeigt ist. Die Bezeichnungen Einlass 138 und Auslass 140

sind dabei beliebig austauschbar, da diese sich lediglich auf die Förderrichtung des Fluids beziehen. Ohne Stromzufuhr zu dem Aktor 102 kann aufgrund der Vorspannung der Feder 120 der Aktor 102 das Wippenelement 116 beispielsweise betätigen, dass das erste Ventilbetätigungselement 104 eine erste Ventilöffnung 142, die beispielsweise mit dem Einlass 138 in den Fluidkanal 136 kommuniziert, zumindest teilweise blockiert, wie in der Stellung der Fig. 5 gezeigt ist, und das zweite Ventilbetätigungselement 104' eine zweite Ventilöffnung 142', die beispielsweise mit dem Auslass 140 kommuniziert, zumindest teilweise freigibt, wie in der Stellung der Fig. 5 gezeigt ist.

[0085] Die Vorspannung der Feder 120 ist so bemessen, dass sie genügend Kraft aufbringt, um das erste Ventilbetätigungselement 104 indirekt über das Wippenelement 116 nach unten in seine äußere Endstellung zu drücken, um das Ventil 100 gegen einen Fluiddruck geschlossen zu halten, und gleichzeitig indirekt über das Wippenelement 116 den Aktor 102 aus seiner Gedächtnisform auszulenken. Der Aktor 102 und seine Vorverformung sind so positioniert und dimensioniert, dass er bei Erwärmung, z.B. durch einen ausreichend hohen elektrischen Heizstrom, der zwischen seinen Enden angelegt wird, das zweite Ventilbetätigungselement 104' indirekt über das Wippenelement 116 nach unten in seine äußere Endlage drücken kann und dadurch eine Bewegung des Ventilbetätigungselements 104 nach oben in seine innere Endlage ermöglicht. Die Einstellung des dem Aktor 102 zugeführten Stroms ermöglicht es auch, Zwischenpositionen des Wippenelements 116 und damit Zwischenpositionen der beiden Ventilbetätigungselemente 104, 104' zwischen ihren Endpositionen einzunehmen, z. B. um eine proportionale Mischung zwischen zwei durch zwei Fluidkanäle zugeführte Fluiden herzustellen.

[0086] Die Haltekraft des Aktors 102 im bestromten Zustand ist dabei größer als die Summe der Kraft der Feder 120 und der größtmöglichen der Feder 120 entgegenwirkenden Kraft, die durch an das Ventil 100 angelegten hydrostatischen Druck an Einlass 138 und/oder Auslass 140 zustande kommen kann. Die Haltekraft der Feder 120 als passives Halteelement ist größer als die Summe der Kraft des Aktors 102 im unbestromten Zustand und der größtmöglichen dem Halteelement entgegenwirkenden Kraft, die durch an das Ventil 100 angelegten hydrostatischen Druck an Einlass 138 und/oder Auslass 140 zustande kommen kann.

[0087] Der Vorteil eines solchen gekoppelten Zweikanal-Ventils mit monostabiler Funktion ist, dass es die erste Ventilöffnung 142 geschlossen und einen zweite Ventilöffnung 142' gleichzeitig für beliebige Zeitintervalle offen halten kann, ohne Energie zu verbrauchen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft,

wenn ein synchronisiertes Umschalten zwischen einem Standardkanal (erster Kanal), der die meiste Zeit geöffnet ist, und einem Abflussskanal (zweiter Kanal), der nur für spezielle Vorgänge geöffnet ist, eingerichtet werden muss. Darüber hinaus kann eine proportionale Vermischung von zwei Flüssigkeiten in beliebigen Mischungsverhältnissen durch Anpassung der Stromversorgung des Aktors 102 hergestellt werden.

[0088] Fig. 6 zeigt eine perspektivische Ansicht eines weiteren Zweikanal-Ventils 100 in einem ersten Betriebszustand. Fig. 7 zeigt eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils 100 der Fig. 6. Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils 100 der Fig. 6. Fig. 9 zeigt eine Explosionsansicht des Ventils 100 der Fig. 6. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den Fig. 2 bis 5 gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben. Das Ventil der Fig. 6 bis 9 stellt eine Konkretisierung oder Weiterbildung des Ventils 100 der Fig. 1 bis 5 dar. Fig. 7 zeigt dabei das Ventil 100 in einem unbestromtem Zustand des Aktors 102. Fig. 8 zeigt das Ventil 100 in einem bestromtem Zustand des Aktors 102.

[0089] Das Ventil 100 weist ein Fluidteil 144 auf, in dem der Fluidkanal 136 mit dem Einlass 138 und dem Auslass 140 ausgebildet ist. Das Rahmenteil 106 ist mit dem Fluidteil 144 verbunden, insbesondere fest oder permanent verbunden, wie beispielsweise verklebt, verschweißt, verschraubt oder mittels Pressstiften (hier nicht näher gezeigt) miteinander verbunden. Genauer ist das Oberteil 108, das als ein Gehäuse ausgebildet ist, mit dem Fluidteil 144 verbunden. Das Wippenelement 116 ist mit dem Drehstift 126 in dem Fluidteil 144 des Ventils 100 in zwei Nuten 146 einer Wippenachslagerung 148 um die Wippenachse 124 drehbar gelagert. Das Wippenelement 116 weist auf einer dem Fluidteil 144 abgewandten Oberseite 150 einen Vorsprung 152 auf, der beispielsweise zylinderförmig ausgebildet ist. Der Vorsprung 152 dient als Angriffspunkt 154 für den Aktor 102 und stellt sicher, dass die aus ihrer Erstreckungsebene heraus ausgelenkten Aktorstegte des Aktors 102 in einem Mindestradius gekrümmt sind und so punktuelle Materialüberlastung vermieden wird. Der Aktor 102 ist mittels Niete 134 auf der Leiterplatte 128 oberhalb des Wippenelements 116 angebracht. Der Aktor 102 wird durch das Wippenelement 116 und die Feder 120 in eine Ausnehmung oder Tasche 156 in der Leiterplatte 128 hinein ausgelenkt. Auf der Leiterplatte 128 ist ein Steckverbinder 158 mit zwei Pins 160 angebracht, von denen jeder über je eine Leiterbahn 130 mit je einem Ende des Aktors 102 in leitfähiger Verbindung steht.

[0090] Auf der dem Angriffspunkt 154 für den Aktor 102 gegenüberliegenden Seite des Wippenelements 116 ist oberhalb die vorgespannte Feder 120 angeordnet, die als Rückstellelement dient. Die Feder 120 ist zwischen dem Wippenelement 116 und einer Struktur im Oberteil 108 des Rahmenteils 106 des Ventils 100 vorgespannt eingeklemmt. Bei Stromzufuhr wird der Aktor 102 aus der Tasche 156 in der Leiterplatte 128 heraus ausgelenkt, d.h. er strebt in seine flache Ausgangs- bzw. Gedächtnisform.

[0091] Unterhalb des Wippenelements 116 ist beiderseits der Wippenachse 124 je ein als Schließkörper dienendes kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104, 104' angeordnet, die in einer Kugelführung 114 im Unterteil 110 des Rahmenteils 106 senkrecht zu Ventilsitzen 162, 162' des Fluidkanals 136 in dem Fluidteil 144 geführt sind. Die zwei Ventilsitze 162, 162' sind mit je einem Einlass 138 sowie einem Auslass 140 verbunden. Es sind somit zwei Einlässe 138, 138' und ein Auslass 140 vorhanden. Dabei ist der Auslass 140 zwischen den Einlässen 138, 138' angeordnet. Aus- und Einlässe 138, 138' 140 münden in Öffnungen auf der Unterseite des Fluidteils 144. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Bezeichnungen Einlass und Auslass lediglich der Unterscheidung dienen. In Abhängigkeit davon, welche Differenzdrücke zwischen den Öffnungen 138, 138', 140 anliegen, können diese als Einlass oder Auslass wirken. So kann das Ventil 100 bei der gezeigten Ausführungsform zwei Auslässe und einen Einlass aufweisen. Das Ventil 100 kann per Flanschverbindung beispielsweise auf Kanalplatten montiert werden.

[0092] Der Fluidkanal 136 wird durch ein Dichtelement 164 in Form einer flexiblen Membran 166 medientrennend abgeschlossen. Die Membran 166 ist beispielsweise aus einem Elastomer hergestellt. Die Ventilsitze 162, 162' sind so angeordnet, dass sie sich jeweils durch Anpressen einer der kugelförmigen Ventilbetätigungselemente 104, 104' auf die Membran 166 durch einen Arm des Wippenelements 116 schließen lassen. Die Membran 166 wird dabei im montierten Zustand des Ventils 100 von einer Dichtlippe 168 umlaufend verpresst und somit zum Fluidteil 144 abgedichtet, die auf einer Unterseite des Unterteils 110 des Rahmenteils 106 angeordnet ist. Im unbestromten Zustand des Ventils 100 ist die Kraft der Feder 120 größer als die des Aktors 102. Die Feder 120 drückt somit den zweiten Arm des Wippenelement 116 auf das zweite kugelförmige Ventilbetätigungselement 104', welches wiederum die Membran 166 auf den zweiten Ventilsitz 162' drückt und diesen verschließt. Der erste Arm des Wippenelement 116 wirkt zugleich gegen den (unbestromten) Aktor 102 und lenkt diesen aus der Ebene heraus aus. Das erste kugelförmige Ventilbetätigungselement 104 kann somit von der elastischen Membran 166 vom ersten Ventilsitz 162 weggedrückt

werden, so dass der erste Ventilsitz 162 offen ist. In den **Fig. 7** und **8** ist der linke bzw. erste Ventilsitz 162 normal-geöffnet und der rechte bzw. zweite Ventilsitz 162' normal-geschlossen. In **Fig. 7** ist der linke bzw. erste Ventilsitz 162 als geöffnet und der rechte bzw. zweite Ventilsitz 162' als geschlossen gezeigt. Wird über den Steckverbinder 158 ein ausreichend hoher Strom an den Aktor 102 angelegt, zieht dieser sich in Richtung seiner flachen Ursprungsform bzw. Aktorebene zusammen und überwindet die Kraft der ihm entgegenwirkenden Feder 120. Das Wippenelement 116 rotiert um die Wippenachse 124, so dass sie nun das erste kugelförmige Ventilbetätigungselement 104 über die Membran 166 auf den ersten Ventilsitz 162 presst, während das zweite kugelförmige Ventilbetätigungselement 104' entlastet und durch die Membran 166 vom zweiten Ventilsitz 162' abgehoben bzw. entfernt wird. In **Fig. 8** ist daher der linke bzw. erste Ventilsitz 162 als geschlossen und der rechte bzw. zweite Ventilsitz 162' als geöffnet gezeigt.

[0093] **Fig. 10** zeigt eine perspektivische Ansicht eines gekoppelten Zweikanal-Ventils 100 in einem ersten Betriebszustand. **Fig. 11** zeigt eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils 100 der **Fig. 10**. **Fig. 12** zeigt eine perspektivische Ansicht des Zweikanal-Ventils 100 in einem zweiten Betriebszustand. **Fig. 13** zeigt eine Querschnittsansicht des Zweikanal-Ventils 100 der **Fig. 12**. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 1** bis **5** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0094] Das in den **Fig. 10** bis **13** dargestellte Ventil 100 umfasst mindestens zwei Aktoren 102, 102', d. h. einen ersten Aktor 102 und einen zweiten Aktor 102', die aus einem intelligenten Werkstoff und insbesondere einem Formgedächtnismaterial hergestellt sind. Einer der Aktoren 102, 102' ist mit einem der mindestens zwei Ventilbetätigungselemente 104, 104' verbunden.

[0095] Anstelle der Feder 120 umfasst das in den **Fig. 10** bis **13** dargestellte Ventil 100 ferner mindestens ein Magnetelement 170, 170', beispielsweise einen Permanentmagneten. Das Magnetelement 170, 170' ist so konfiguriert, dass es mindestens eines der Ventilbetätigungselemente 104, 104' in einer vorbestimmten Position hält. Die vorbestimmte Position ist eine von zwei stabilen Positionen. Im gezeigten Beispiel umfasst das Ventil 100 zwei Magnetelemente 170, 170', d. h. ein erstes Magnetelement 170 und ein zweites Magnetelement 170'. Jeweils ein Magnetelement 170, 170' ist jeweils einem Ventilbetätigungselement 104, 104' zugeordnet. Dabei ist das Wippenelement 116 zwischen den Magnetelementen 170, 170' und den Ventilbetätigungselementen 104, 104' angeordnet.

[0096] Das in den **Fig. 10** bis **13** gezeigte Ventil **100** ist ein Ausführungsbeispiel für ein gekoppeltes Zweikanal-Ventil **100** mit bistabiler Funktionalität. **Fig. 11** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils **100** in ersten Zustand und **Fig. 13** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils **100** in einem zweiten Zustand. Die beiden Ventilbetätigungselemente **104, 104'** sind in entsprechenden Führungen **114** für die Ventilbetätigungselemente **104, 104'** innerhalb des Unterteils **110** des Rahmentails **106** so geführt, dass sie sich frei zwischen ihren jeweiligen inneren und äußeren Endlagen bewegen können. In einem vollständig montierten Zustand entspricht das Ventilbetätigungselement **104, 104'** in der äußeren Endstellung einem vollständig geschlossenen Ventil **100** und das Ventilbetätigungselement **104, 104'** in der inneren Endstellung einem vollständig geöffneten Ventil **100**. Über den Ventilbetätigungselementen **104, 104'** ist das Wippenelement **116** angeordnet, um beide Ventilbetätigungselemente **104, 104'** mechanisch so zu koppeln, dass, wenn sich ein Ventilbetätigungselement **104, 104'** in seiner inneren Endstellung befindet, das jeweils andere nur in seiner äußeren Endstellung sein kann. Die beiden aus ihrer Gedächtnisform vom Wippenelement **116** weg vorverformten Aktoren **102, 102'** sind auf gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements **116** so angeordnet, dass die Ventilbetätigungselemente **104, 104'** durch das Wippenelement **116** mechanisch gekoppelt sind und einander entgegenwirken. Die Aktoren **102, 102'** können mit Hilfe von Nieten **134** auf einer Leiterplatte **128** befestigt werden. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Aktoren **102, 102'** in Bezug auf das Wippenelement **116** anzuordnen. In diesem Beispiel sind beide Aktoren **102, 102'** oberhalb des Wippenelements **116** angeordnet, so dass sie jeweils eine Seite des Wippenelements **116** nach unten drücken können. Das Wippenelement **116** ist aus einem weichmagnetischen Material hergestellt oder enthält zumindest weichmagnetische oder hartmagnetische Elemente an einer Stelle, die von der Wippenachse abweicht, wie beispielsweise an seinen Enden. Die beiden Permanentmagnetelemente **170, 170'** sind oberhalb der gegenüberliegenden Enden des Wippenelements **116** so angeordnet, dass sie das Wippenelement **116** jeweils in einer von zwei stabilen Positionen halten können. Die Ventilbetätigungselemente **104, 104'** und ihre Vorverformung sind so positioniert und dimensioniert, dass jedes von ihnen das Wippenelement **116** von einem Magnetelement **170, 170'** wegziehen kann, wodurch es von einer stabilen Position in die andere stabile Position überführt wird und das gegenüberliegende Ventilbetätigungselement **104, 104'** aus seiner Gedächtnisform herausgelenkt wird.

[0097] Der Vorteil eines gekoppelten Zweikanal-Ventils **100** mit bistabiler Funktionalität besteht darin, dass es entweder eine erste Ventilöffnung **142** geschlossen und eine zweite Ventilöffnung **142'**

offen oder eine erste Ventilöffnung **142** offen und eine zweite Ventilöffnung **142'** geschlossen halten kann, und zwar gleichzeitig über beliebige Zeitintervalle hinweg, ohne Strom zu verbrauchen. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn ein synchronisiertes Schalten zwischen zwei Kanälen **104** hergestellt werden soll und die beiden möglichen Schaltzustände unter Umständen über lange Zeiträume aufrechterhalten werden müssen. Ein Beispiel hierfür ist die Flussrichtungsumkehr bei einer Pumpe.

[0098] **Fig. 14** zeigt eine Querschnittsansicht eines weiteren Ventils **100**. **Fig. 15** zeigt eine Draufsicht auf das Ventil **100** der **Fig. 14**. **Fig. 16** zeigt eine Seitenansicht von Teilen des Ventils **100** der **Fig. 14** in einem ersten Betriebszustand. **Fig. 17** zeigt eine Seitenansicht von Teilen des Ventils **100** der **Fig. 14** in einem zweiten Betriebszustand. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 1** bis **13** gezeigten Ventilen **100** beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0099] Das in den **Fig. 14** bis **17** dargestellte Ventil **100** ist ein bistabiles 3/2-Wege-Wippenventil. Das Ventil **100** umfasst mindestens zwei Aktoren **102, 102'**, d. h. einen ersten Aktor **102** und einen zweiten Aktor **102'**, die aus einem intelligenten Werkstoff und insbesondere einem Formgedächtnismaterial hergestellt sind. Einer der Aktoren **102, 102'** ist mit einem der mindestens zwei Ventilbetätigungselemente **104, 104'** verbunden. Die zwei Aktoren **102, 102'** sind versetzt zueinander auf einer gemeinsamen Leiterplatte **128** angebracht. Leiterbahnen und Anschlussleitungen oder Stecker sind der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt. Das Wippenelement **116** ist um die Wippenachse **124** mittels des Drehstifts **126** drehbar gelagert. Das Wippenelement **116** weist zwei in Bezug auf die Wippenachse **124** gegenüberliegende Angriffspunkte **154, 154'** für die Aktoren **102, 102'** auf. Dabei ist ein erster Angriffspunkt **154** dem ersten Aktor **102** zugeordnet und ein zweiter Angriffspunkt dem zweiten Aktor **102'** zugeordnet. Das Wippenelement **116** ist so angebracht, dass es die beiden Aktoren **102, 102'** antagonistisch miteinander koppelt sowie gegeneinander vorspannt. Das Wippenelement **116** ist aus einem weichmagnetischen Material gefertigt. Unterhalb des Wippenelements **116** sind im Unterteil **110** des Rahmentails **106**, das als Ventilgehäuse dient, zwei in Bezug auf die Wippenachse **124** gegenüberliegende Magnetelemente **170, 170'**, wie beispielsweise Permanentmagnete, fest angebracht.

[0100] Wird der erste Aktor **102** bestromt, zieht er sich in Richtung einer flachen Ursprungsform zusammen und drückt dadurch das Wippenelement **116** in Richtung des ersten Magnetelements **170**, bis das Wippenelement **116** durch die magnetischen Anziehungskräfte des ersten Magnetelements **170** „eingefangen“ bzw. angezogen wird. Dieser erste Schaltzu-

stand ist in **Fig. 16** dargestellt und wird schließlich auch ohne weitere Bestromung des ersten Aktors 102 stabil gehalten. Das Wippenelement 116 drückt ein erstes kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104 auf die Membran 166 und verschließt dadurch einen ersten Ventilsitz 162. Der zweite Ventilsitz 162' ist hingegen offen. Der zweite Aktor 102' wird durch das Wippenelement 116 aus seiner Aktorebene heraus ausgelenkt.

[0101] Wird der zweite Aktor 102' bestromt, zieht er sich in Richtung einer flachen Ursprungsform zusammen und drückt dadurch das Wippenelement 116 in Richtung des zweiten Magnetelements 170', bis das Wippenelement 116 durch die magnetischen Anziehungskräfte des zweiten Magnetelements 170' „eingefangen“ bzw. angezogen wird. Dieser zweite Schaltzustand ist in **Fig. 17** dargestellt und wird schließlich auch ohne weitere Bestromung des zweiten Aktors 102' stabil gehalten. Das Wippenelement 116 drückt ein zweites kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104' auf die Membran 166 und verschließt dadurch den zweiten Ventilsitz 162'. Der erste Ventilsitz 162 ist hingegen offen. Der erste Aktor 102 wird durch das Wippenelement aus seiner Aktorebene heraus ausgelenkt.

[0102] **Fig. 18** zeigt eine Querschnittsansicht eines weiteren Ventils 100. **Fig. 19** zeigt eine Seitenansicht von Teilen des Ventils 100 der **Fig. 18** in einem ersten Betriebszustand. **Fig. 20** zeigt eine Seitenansicht von Teilen des Ventils 100 der **Fig. 18** in einem zweiten Betriebszustand. **Fig. 21** zeigt eine teilweise Explosionsansicht des Ventils 100 der **Fig. 18**. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 14 bis 17** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0103] Das in den **Fig. 18 bis 21** dargestellte Ventil 100 ist ein bistabiles 3/2-Wege-Wippenventil. Das Wippenelement 116 weist zwei in Bezug auf die Wippenachse 124 gegenüberliegende Angriffspunkte 154, 154' für die Aktoren 102, 102' auf. Dabei ist ein erster Angriffspunkt 154 dem ersten Aktor 102 zugeordnet und ein zweiter Angriffspunkt dem zweiten Aktor 102' zugeordnet. Bei dem in den **Fig. 18 bis 21** gezeigten Ventil 100 entfallen die Magnetelemente 170, 170'. Stattdessen ist das Wippenelement 116 über ein Festkörpergelenk 172 um die Wippenachse 124 verkippbar. Dabei weist das Ventil 100 mindestens ein Knickelement 174 auf. Das mindestens eine Knickelement 174 ist mit dem Wippenelement 116 verbunden, insbesondere mit einem Ende 118, 122 des Wippenelements 116 verbunden. Das Knickelement 174 ist eingerichtet, das Wippenelement 116 in mindestens eine vorbestimmte stabile Wippenelementposition und vorteilhafterweise mindestens zwei vorbestimmte stabile Wippenelementpositionen zu bewegen und in der vorbestimmten

Wippenelementposition zu halten. Bei der gezeigten Ausführungsform sind zwei Knickelemente 174, 174', d.h. ein erstes Knickelement 174 und ein zweites Knickelement 174' vorgesehen. So ist das erste Knickelement 174 mit dem ersten Ende 118 des Wippenelements 116 verbunden und das zweite Knickelement 174' ist dem zweiten Ende 122 des Wippenelements 116 verbunden. Die Knickelemente 174, 174' drücken das Wippenelement 116 jeweils in eine von zwei Endstellungen und halten das Wippenelement 116 dort stabil. Für das Überführen des Wippenelements 116 von einer in die jeweils andere Endstellung wird eine Kraft benötigt. Ähnlich zu der vorherigen Ausführungsform der **Fig. 14 bis 17** wird dies durch zwei auf einer gemeinsamen Leiterplatte 128 montierte, antagonistisch zueinander wirkende Aktoren 102, 102' realisiert bzw. bewirkt.

[0104] **Fig. 22** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils 100. Genauer zeigt **Fig. 22** ein multistabiles 3/2-Wege-Wippenventil. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 1 bis 5** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0105] Bei der in **Fig. 22** gezeigten Ausführungsform ist das Ventil 100 bi- oder multistabil. Bei der in **Fig. 22** gezeigten Ausführungsform weist das Ventil 100 zwei Aktoren 102, 102' auf. Die Feder 122 entfällt. Stattdessen weist das Ventil der **Fig. 22** ein passives Haltelement 176 auf, das als Ratschenmechanismus ausgebildet ist. Das Haltelement 176 umfasst einen vorgespannten Feder- oder Biegebalcken 178 mit einem Eingriffselement 180, das beispielsweise zahnförmig ausgebildet ist. Das Eingriffselement 180 greift in dafür vorgesehene Einrastpositionen 182 an dem Wippenelement 116 ein und hält dessen Position auch ohne Bestromung der Aktoren 102, 102' stabil. Die Einrastpositionen 182 sind beispielsweise an einem teilkreisförmigen Vorsprung 184 ausgebildet. Der teilkreisförmige Vorsprung 184 ist auf einer Oberseite des Wippenelements 116 angeordnet und ist so gekrümmt, dass sein imaginärer Mittelpunkt auf der Wippenachse 124 liegt. Die zwei Aktoren 102, 102' sind als zwei sich antagonistisch entgegenwirkende und an dem Wippenelement 116 angreifende Aktoren 102, 102' ausgebildet und ermöglichen es, das Wippenelement 116 von einer Einrastposition 182 in eine andere zu überführen. Ein solches multistabiles Ventil kann als Mischventil mit mehreren fest vorgegebenen Mischverhältnissen eingesetzt werden. Der gezeigte Ratschenmechanismus kann auch durch einen Mechanismus in der Art einer Kugelfalle ersetzt sein.

[0106] **Fig. 23** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils 100. Genauer zeigt **Fig. 23** ein monostabiles 3/2-Wege-Flippventil. Im Folgenden

werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 1** bis **5** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0107] Bei der in **Fig. 23** gezeigten Ausführungsform des Ventils 100 sind das Wippenelement 116, der Aktor 102, die Feder 120 und die Ventilbetätigungselemente 104, 104' um 90 Grad gedreht orientiert im Vergleich zu dem Ventil 100 der **Fig. 1** bis **5**. So sind die Ventilbetätigungselemente 104, 104' auf gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements 116, wie beispielsweise Oberseite und Unterseite, und auf der gleichen Seite bezüglich der Wippenachse 124 angeordnet. Bei der in **Fig. 23** gezeigten Ausführungsform des Ventils 100 ragt das Wippenelement 116 zwischen die beiden Ventilsitze 162, 162', so dass eine Seite des Wippenelements 116 das erste Ventilbetätigungselement 104 auf den ersten Ventilsitz 162 pressen und die gegenüberliegende Seite das zweite Ventilbetätigungselement 104' auf den zweiten Ventilsitz 162' pressen und diese somit jeweils wahlweise verschließen kann. Die Ventilsitze 162, 162' stehen sich gegenüber und zeigen im Wesentlichen in entgegengesetzte Richtungen. Die Ventilbetätigungselemente 104, 104' sind dabei fest mit dem Wippenelement 116 verbunden. Der Fluidkanal 136, in der die Ventilsitze 162, 162' angeordnet sind, wird durch ein Dichtelement 164, wie beispielsweise eine Membran 166, medientrennend verschlossen. Das Wippenelement 116 ist in dem Dichtelement 164 mit einer Wippenelementdurchführung 186 eingelassen, welche den Fluidkanal 136 medientrennend abschließt. Die der Aktor 102 und die Feder 120 sind außerhalb des Fluidkanals 136, d.h. auf der anderen Seite der Membran 166, angeordnet.

[0108] Bei dieser Ausführungsform ist das Ventil 100 monostabil und weist eine stabile Halteposition auf. Wird der Aktor 102 bestromt, dreht er das Wippenelement 116 aus der stabilen Position heraus, bis das Wippenelement 116 das erste Ventilbetätigungselement 104 auf den ersten Ventilsitz 162 presst. Wird der Aktor nicht bestromt, dreht die Feder 120 das Wippenelement in entgegengesetzter Richtung in die stabile Halteposition und hält das Wippenelement 116 dort fest. In dieser Lage drückt das Wippenelement 116 auf das zweite Ventilbetätigungselement 104' und schließt den zweiten Ventilsitz 162.

[0109] **Fig. 24** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils 100. Genauer zeigt **Fig. 24** ein bistabiles 3/2-Wege-Flipperventil. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in **Fig. 22** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0110] Bei der in **Fig. 24** gezeigten Ausführungsform des Ventils 100 das Ventil bistabil und weist zwei stabile Haltepositionen auf. In diesem Fall stehen zwei Aktoren 102, 102' in jeweils entgegengesetzter Wirkrichtung (antagonistisch) über das Wippenelement 116 in Kontakt. Die beiden Aktoren 102, 102' sind gegeneinander vorgespannt, so dass eine Rückstellung des einen in seine Gedächtnisform (durch Bestromung) zu einer Vorauslenkung des anderen führt und umgekehrt. Zwei Magnetelemente 170, 170' als Halteelemente in Form von Permanentmagneten sind auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements 116 und auf der gleichen Seite bezüglich der Wippenachse 124 fest im Rahmenteil 106 angebracht. Das Wippenelement 116 ist aus einem weichmagnetischen Material gefertigt oder enthält (weich-/hart-)magnetische Elemente. Die Magnetelemente 170, 170' halten das Wippenelement 116 jeweils auch ohne die Kraft eines bestromten Aktors stabil in einer Halteposition fest, nachdem ihn ein Aktor 102, 102' dorthin rotiert hat.

[0111] **Fig. 25** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils 100. Genauer zeigt **Fig. 25** ein bistabiles 3/2-Wege-Flipperventil. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in **Fig. 23** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0112] Bei der in **Fig. 25** gezeigten Ausführungsform des Ventils 100 das Ventil bistabil und weist zwei stabile Haltepositionen auf. In diesem Fall stehen zwei Aktoren 102, 102' in jeweils entgegengesetzter Wirkrichtung (antagonistisch) über das Wippenelement 116 in Kontakt, so dass eine Rückstellung des einen in seine Gedächtnisform (durch Bestromung) zu einer Vorauslenkung des anderen führt und umgekehrt. Ein oder mehrere passive Halteelemente in Form von vorgespannten Knickelementen 174, 174' sind auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements 116 und auf der gleichen Seite bezüglich der Wippenachse 124 des Wippenelements 116 fest im Rahmenteil 106 angebracht. Bei der gezeigten Ausführungsform ist ein Knickelement 174 vorhanden. Das Knickelement 174 wirkt als Federelement und hält das Wippenelement 116 jeweils auch ohne die Kraft eines bestromten Aktors 102, 102' stabil in einer Halteposition fest, nachdem ihn ein Aktor 102, 102' dorthin rotiert hat.

[0113] **Fig. 26** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ventils 100. Genauer zeigt **Fig. 26** ein bi- oder multistabiles 3/2-Wege-Flipperventil. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in **Fig. 23** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0114] Bei der in **Fig. 26** gezeigten Ausführungsform des Ventils 100 das Ventil multistabil und weist mehrere stabile Haltepositionen auf. In diesem Fall stehen zwei Aktoren 102, 102' in jeweils entgegengesetzter Wirkrichtung (antagonistisch) über das Wippenelement 116 in Kontakt. Das Ventil der **Fig. 26** weist ein passives Halteelement 176 auf, das als Ratschenmechanismus ausgebildet ist. Das Halteelement 176 umfasst eine vorgespannte Feder 188 mit einem Eingriffselement 180 auf, das beispielsweise zahnförmig ausgebildet ist. Das Eingriffselement 180 greift in dafür vorgesehene Einrastpositionen 182 an dem Wippenelement 116 ein und hält dessen Position auch ohne Bestromung der Aktoren 102, 102' stabil. Die Einrastpositionen 182 sind beispielsweise an einem teilkreisförmigen Vorsprung 184 ausgebildet. Der teilkreisförmige Vorsprung 184 ist an dem Wippenelement 116 angeordnet und ist so gekrümmt, dass sein imaginärer Mittelpunkt auf der Wippenachse 124 liegt. Die zwei Aktoren 102, 102' sind als zwei sich antagonistisch entgegenwirkende und an dem Wippenelement 116 angreifende Aktoren 102, 102' ausgebildet und ermöglichen es, das Wippenelement 116 von einer Einrastposition 182 in eine andere zu überführen. Ein solches multistabiles Ventil kann als Mischventil mit mehreren fest vorgegebenen Mischverhältnissen eingesetzt werden. Der gezeigte Ratschenmechanismus kann auch durch einen Mechanismus in der Art einer Kugelfalle ersetzt sein.

[0115] **Fig. 27** zeigt eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Teils eines Ventils 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 28** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils der **Fig. 27**. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu der in den **Fig. 1** bis **9** gezeigten Ventilen 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0116] Das in den **Fig. 27** und **28** ausschnittsweise dargestellte Ventil 100 stellt ein Beispiel für ein Zweikanal-Ventil 100 dar, das an einem schematisch dargestellten Fluidteil 144 montiert ist. In dem Fluidteil 144 ist ein gemeinsamer Fluidkanal 136 ausgebildet, der mit zwei Einlässen 138, 138', d.h. einen ersten Einlass 138 und einen zweiten Einlass 138', und einem gemeinsamen Auslass 140 kommuniziert. Der in **Fig. 28** links gezeigte erste Ventilsitz 162 befindet sich in einem geschlossenen Zustand und der rechts gezeigte zweite Ventilsitz 162' befindet sich in einem offenen Zustand. Das Ventil 100 umfasst zwei Ventilbetätigungselemente 104, 104'. Die Ventilbetätigungselemente 104, 104' sind als kugelförmige Ventilbetätigungselemente 104, 104' ausgebildet und die Ventilsitze 162, 162' sind als Sitzventile mit einer die Einlässe 138 jeweils umgebenden Nut 190 ausgebildet. Wie in **Fig. 28** zu sehen ist, weist das Ventil 100 ein Dichtelement 164 auf.

Das Dichtelement 164 ist aus einem flexiblen Material hergestellt, wie beispielsweise ein Elastomer, wie beispielsweise Silikon, EPDM, FKM, FFKM, Viton, Neopren, PDMS, Gummi. Das Dichtelement 164 ist eine Membran 166. Das Ventilbetätigungselement 104 drückt und verformt im geschlossenen Zustand die Membran 166 in Richtung zu der Nut 190, so dass ein Teil der Nut 190 unterbrochen wird. Bei der gezeigten Ausführungsform ist der Auslass 140 an einem Ende des Fluidkanals 136 angeordnet. Dadurch kann man beispielsweise den ersten Einlass 138 als Spülkanal verwenden, um Fluide vollständig aus dem Ventil 100 zu spülen, die zuvor durch den zweiten Einlass 138' eingeströmt sind.

[0117] **Fig. 29** zeigt eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Ventils 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 30** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils 100 aus **Fig. 29**. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 27** und **28** gezeigten Ventil 100 beschrieben und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0118] Bei dem in den **Fig. 29** und **30** dargestellten Ventil 100 sind die Ventilbetätigungselemente 104, 104' als zylindrische Ventilbetätigungselemente 104, 104' und die Ventilsitze 162, 162' ohne eine die Ventilöffnungen bzw. Einlässe umgebende Nut 190 ausgebildet. Die Ventilsitze 162, 162' sind in Bezug auf die Durchflussrichtung asymmetrisch. Sie können mit einer einfachen flachen Ausführung der Membran 166 hergestellt werden.

[0119] **Fig. 31** zeigt eine perspektivische Explosionsdarstellung von Teilen eines Ventil 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 32** zeigt eine Querschnittsansicht des Ventils 100 der **Fig. 31**. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den **Fig. 27** und **28** gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0120] Bei der in den **Fig. 31** und **32** dargestellten Ventil 100 sind die Ventilbetätigungselemente 104, 104' als keilförmige Ventilbetätigungselemente 104, 104' und als Membranventile ausgebildet. Ein Membranventil, das auch als Sitzventil bezeichnet wird, besteht aus einem Ventilkörper mit zwei oder mehr Anschlüssen, einer Elastomermembran und einem „Wehr oder Sattel“ oder Sitz, auf dem die Membran das Ventil 100 schließt. Im geschlossenen Zustand drücken die keilförmigen Ventilbetätigungselemente 104, 104' die (dreidimensionale) Dichtungsmembran 166 auf einen Sattel 192 in dem Fluidteil 144, der als eine Art Ventilsitz dient, und unterbrechen dadurch den Fluss zwischen dem Einlass 138 und dem Auslass 138'. Die Ventilsitze 162' 162' können symmet-

risch zur Strömungsrichtung ausgebildet sein, so dass die Einlässe 138 und Auslässe 140 austauschbar sind. Diese Ausführungsform des Ventils 100 ist besonders gut spülbar, da sie keine Totvolumen bzw. schwer durchströmbare Winkel und Ecken aufweist.

[0121] Die Fig. 33 bis 37 zeigen Draufsichten weiterer möglicher Aktoren, wie sie grundsätzlich bei jedem der hierin beschriebenen Ventile 100 Anwendung finden können. Fig. 38 zeigt eine perspektivische Ansicht des Aktors 102 der Fig. 37. Fig. 33 zeigt einen besonders einfachen Aktor 102, der aus einem Aktorsteg 194 besteht, an dessen zwei Enden jeweils eine Kontaktfläche 196 mit einem Durchloch 198 für beispielsweise eine Nietverbindung angebracht ist. Fig. 34 zeigt einen alternativen Aktor 102, der aus zwei sich kreuzenden Aktorstegen 194 besteht, die zwei Kontaktflächen 196 mit Durchloch 198 verbinden. Fig. 35 zeigt einen weiteren alternativen Aktor 102. Um einen höheren Stellweg auf begrenzter Fläche zu erreichen, sind die Aktorsteg 194 eines als Spiralarms 200 ausgebildet. Fig. 36 zeigt einen weiteren alternativen Aktor 102. Um einen höheren Stellweg auf begrenzter Fläche zu erreichen, sind die Aktorsteg 194 als Mäander 202 ausgebildet. In der Mitte des Aktors 102 ist eine Wippenelementangriffsöffnung 204 angebracht, welche eine verrutschsichere Wechselwirkung zwischen Aktor 102 und Wippenelement 116 vereinfacht. Die Fig. 37 zeigt eine Draufsicht eines weiteren alternativen Aktors 102. Fig. 38 zeigt eine perspektivische Ansicht des Aktors der Fig. 37. Um einen höheren Stellweg auf begrenzter Fläche zu erreichen, sind die Aktorsteg 194 als aneinandergereihte Schlaufen 206 ausgebildet. In der Mitte des Aktors 102 ist eine Wippenelementangriffsöffnung 204 angebracht, welche eine verrutschsichere Wechselwirkung zwischen Aktor 102 und Wippenelement 116 vereinfacht. Allen in den Fig. 33 bis 38 gezeigten Aktoren 102 ist gemeinsam, dass sie bei Bestromung aus ihrer Erstreckungsebene bzw. ebenen oder planaren Form ausgelenkt werden.

[0122] Optional kann jedes der hierin beschriebenen Ventile 100 weiterhin eine Elektronikleiterplatte aufweisen, die mindestens eine Energiequelle aufweist. Die Elektronikleiterplatte kann separat von der Leiterplatte 128 ausgebildet sein oder identisch zu der Leiterplatte 128 sein. Alternativ ist die Energiequelle eine externe Energiequelle, die mittels Kabel, einer integrierten Batterie oder einer induktiven Ladeschnittstelle verbunden ist. Die Elektronikleiterplatte weist beispielsweise einen Anschluss zum Verbinden mit einer externen Energiequelle auf. Die Elektronikleiterplatte kann mindestens eine Schnittstelle aufweisen, die zum Kommunizieren mit einer externen Elektronikvorrichtung eingerichtet ist. Insbesondere ist die Schnittstelle eingerichtet, mit der externen Elektronikvorrichtung auf digitale Weise, kabelgebundene Weise und/oder in kabelle-

ser Weise zu kommunizieren. Auf der Elektronikplatine kann eine Konstantstromquelle angebracht sein. Auf der Elektronikplatine kann ein Mikrocontroller angebracht sein. Auf dem Mikrocontroller kann ein digitales Kommunikationsprotokoll, wie beispielsweise USB, I2C, UART, Bluetooth, RFID, WLAN, Infrarot, implementiert sein, über welches das Ventil direkt von Datenverarbeitungssystemen angesprochen werden kann. Der Mikrocontroller kann dazu eingerichtet sein, mithilfe der Konstantstromquelle und ggf. Pulsweitenmodulation (PWM) ein zeitlich veränderliches Stromprofil für den Formgedächtnisaktor bereitzustellen. Mit anderen Worten, ist der Mikrocontroller eingerichtet, geeignete Stromprofile bzw. Steuersignale für Stromprofile, d.h. vorgegebene zeitlich veränderliche Ansteuerströme, an den Aktor zu liefern, um diesen entsprechend anzusteuern und zu verformen.

[0123] Das Ventil 100 kann weiterhin mindestens einen Positionssensor aufweisen, der zum Erfassen einer Position der Ventilbetätigungselemente eingerichtet ist. Dabei kann der Aktor 102 als Positionssensor ausgebildet sein oder es ist ein separater Positionssensor vorgesehen, der ein Hall-Sensor, ein kapazitiver Sensor, ein induktiver Sensor, eine resistive Sensor, eine Photodiode oder ein Laser sein kann. So kann der Mikrocontroller und ggf. weitere Komponenten dazu eingerichtet sein, den elektrischen Widerstand des mindestens einen Formgedächtnisaktors zu messen. Der elektrische Widerstand des Aktors (oder die Widerstände von zwei antagonistisch wirkenden Aktoren) kann dazu herangezogen werden, die Auslenkung des Aktors oder der Aktoren zu messen und daraus die aktuelle Stellposition des Wippenelements zu bestimmen. Bei diesem Self-Sensing wird somit der elektrische Widerstand des Aktors gemessen. Dieser variiert mit der Stellposition, weil der Leiterquerschnitt abnimmt während die Leiterlänge zunimmt, wenn der Aktor weiter aus seiner Gedächtnisform ausgelenkt wird. Überlagert wird dieser Effekt von charakteristischen Verläufen des Widerstands über die Phasenumwandlung von Austenit und Martensit oder zurück.

[0124] Der Positionssensor kann ein Hall-Sensor sein. Vorzugsweise ist der Hallensensor fest auf der Elektronikplatine verbaut und der Hebelkörper oder ein Ventilstößel enthält einen Permanentmagneten. Ein Hall-Sensor kann zusammen mit einem beweglich angeordneten Permanentmagneten wie beispielsweise an dem Wippenelement oder einem Ventilbetätigungselement angebracht, als Positionssensor genutzt werden, indem er das am Sensor ankommende Magnetfeld misst.

[0125] Der Positionssensor kann eine Photodiode sein. Vorzugsweise sind eine Leuchtdiode und eine Photodiode auf der Elektronikplatine beiderseits

eines Schlitzes angeordnet. Ein geeigneter Fortsatz am Wippenelement ragt in den Schlitz hinein und verdeckt, je nach Schaltstellung, ganz oder teilweise den Strahlengang zwischen Leuchtdiode und Photodiode. Eine Photodiode kann die Lichtmenge beispielsweise einer LED messen, die durch einen Schacht hindurchtritt. Ist der Schacht durch Bewegung des Wippenelements und/oder Ventilbetätigungselemente teilweise schließbar, kann auf deren Position rückgeschlossen werden.

[0126] Der Positionssensor kann ein kapazitiver Sensor sein. Vorzugsweise bildet eine metallisierte Seitenfläche des Wippenelements sowie eine weitere metallisierte Fläche im Gehäuse einen Kondensator aus, dessen Kapazität abhängig zur Stellposition des Hebelkörpers ist. Ein kapazitiver Sensor kann beispielsweise gebildet werden, indem das Wippenelement oder ein Betätigungselement eine somit bewegliche Elektrode enthält, die einer unbeweglichen Elektrode im Ventilgehäuse beispielsweise auf der Elektronikleiterplatte gegenübersteht. Die Kapazität des so gebildeten Kondensators variiert mit dem Abstand und/oder der sich gegenüberstehenden Flächen der Elektroden.

[0127] Ein induktiver Sensor kann Bewegungen des Wippenelements oder Ventilbetätigungselemente detektieren, wenn diese zu einem zeitlich veränderlichen Magnetfeld führen wie beispielsweise durch einen mitgeführten Permanentmagneten. Ein resistiver Sensor verändert seinen Widerstand bei Positionsänderung des Wippenelements bzw. der Ventilbetätigungselemente.

[0128] Der Positionssensor kann ein Endschalter sein. Dadurch kann ein Schalten eines Stromkreises in den Endpositionen erfolgen. Das Wippenelement kann so ausgebildet sein, dass es in mindestens einer Endstellung eine Leiterschleife auf einer Platine schließt. Somit können auch einfache elektrische Endschalter oder in bestimmten Positionen des Wippenelements geschlossene Leiterbahnen als Positionssensoren dienen.

[0129] Bei dem Ventil ist eine Durchflussregelung möglich. Durch Variieren des Ansteuerstroms kann der Aktor auch Zwischenpositionen des Wippenelements anfahren und damit ein teilweises Öffnen des Fluidkanals bewirken. Als Regelsignal kann ein interner oder externer Durchflusssensor, ein Positionssensor, wie er zuvor beschrieben ist, oder aber der Widerstand des Aktors selbst dienen.

[0130] In einer speziellen Ausführungsform enthält das erfindungsgemäße Ventil zwei getrennte Ventilkammern mit jeweils zwei Einlässen und einem Auslass und zwei Wippenelemente, welche eine gemeinsame Rotationsachse teilen und fest miteinander verbunden sind. Auf diese Weise lassen sich zwei

in einem gemeinsamen Gehäuse untergebrachte 3/2-Wege realisieren, die immer synchron schalten. Zum Schalten wird nur ein Formgedächtnisaktor (in der monostabilen Ausführung) bzw. ein antagonistisches Formgedächtnisaktorenpaar (in einer bi- oder multistabilen Ausführung) benötigt. Durch geeignete Verschaltung der Ein- und Auslässe beider Ventilkammern lässt sich ein Ventil realisieren, welches insgesamt zwei Einlässe und zwei Auslässe aufweist und welches die Verbindung zwischen den Einlässen und Auslässen vertauschen kann. Ein solches Ventil kann z.B. dazu eingesetzt werden, die Pumprichtung einer unidirektionalen Pumpe umzukehren (umkehren der Fließrichtung eines Mediums). Ebenfalls kann ein solches Ventil zusammen mit einer Kolbenkammer oder Membrankammer selbst eine Pumpe bilden.

[0131] Fig. 39 zeigt eine Explosionsdarstellung eines Ventils 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform. Das in Fig. 39 gezeigte Ventil 100 stellt ein Ventil gemäß der Beschreibung zuvor dar. Insbesondere stellt das in Fig. 39 gezeigte Ventil 100 eine Modifikation des Ventils 100 der Fig. 14 bis 17 dar. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in den Fig. 14 bis 17 gezeigten Ventil 100 beschrieben, und gleiche oder vergleichbare Bauteile und Merkmale sind durch gleiche Bezugszeichen angegeben.

[0132] Der Mechanismus des Ventils 100 ist beispielhaft ein bistabiler Mechanismus mit magnetischen Halteelementen, wie bei dem Ventil 100 der Fig. 14 bis 17, d.h. mittels Magnelementen 170, 170'. In Abwandlung dazu ist auf der Wippenachse 124 und dem Drehstift 126 ein zweites Wippenelement 116' angeordnet. Dieses muss nicht magnetisch sein und steht selbst nicht direkt mit einem Aktor 102' in Verbindung, ist aber über die Wippenachse 124 bzw. den Drehstift 126 an das erste Wippenelement 116 gekoppelt. Der Fluidteil 144 des Ventils 100 ist mehrteilig ausgebildet und enthält zwei getrennte Fluidkanäle 136, 136'. Im ersten Fluidkanal 136 sind ein erster Ventilsitz 162 und ein zweiter Ventilsitz 162' angeordnet. Im zweiten Fluidkanal 136' sind ein dritter Ventilsitz 162'' und ein vierter Ventilsitz 162''' angeordnet. Wie gezeigt, hat der Fluidteil 144 zwei Kanalebene mit zwei Verbindungskanälen 208, 208'. Der erste Verbindungskanal 208 verbindet den ersten Ventilsitz 162 und den vierten Ventilsitz 162''' mit dem ersten Einlass 138. Der zweite Verbindungskanal 208' verbindet den zweiten Ventilsitz 162' und den dritten Ventilsitz 162'' mit dem zweiten Einlass 138'.

[0133] In einer ersten Schaltstellung nach Betätigen des ersten Aktors 102 presst das erste Wippenelement 116 ein erstes kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104 auf den ersten Ventilsitz 162 und das zweite Wippenelement 116' presst ein drittes kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104'' auf den drit-

ten Ventilsitz 162". Der zweite und vierte Ventilsitz 162' und 162''' sind geöffnet. Somit ist der erste Einlass 138 mit dem zweiten Auslass 140' und der zweite Einlass 138' mit dem ersten Auslass 140 verbunden.

[0134] In einer zweiten Schaltstellung nach Betätigen des zweiten Aktors 102' presst das erste Wippenelement 116 ein zweites kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104' auf den zweiten Ventilsitz 162' und das zweite Wippenelement 116' presst ein viertes kugelförmiges Ventilbetätigungselement 104'' auf den vierten Ventilsitz 162'''. Der erste und dritte Ventilsitz 162 und 162'' sind geöffnet. Somit ist der erste Einlass 138 mit dem ersten Auslass 140 und der zweite Einlass 138' mit dem zweiten Auslass 140' verbunden.

Bezugszeichenliste

		142	erste Ventilöffnung
		142	zweite Ventilöffnung
		144	Fluidteil
		146	Nut
		148	Wippenachslagerung
		150	Oberseite
		152	Vorsprung
		154	Angriffspunkt
		156	Tasche
		158	Steckverbinder
		160	Pin
		162	erster Ventilsitz
		162'	zweiter Ventilsitz
		162''	dritter Ventilsitz
		162'''	vierter Ventilsitz
		164	Dichtelement
		166	Membran
		168	Dichtlippe
		170	erstes Magnetelement
		170'	zweites Magnetelement
		172	Festkörpergelenk
		174	erstes Knickelement
		174'	zweites Knickelement
		176	passives Haltelement
		178	Biegebalken
		180	Eingriffselement
		182	Einrastposition
		184	Vorsprung
		186	Wippenelementdurchführung
		188	Feder
		190	Nut
		192	Sattel
		194	Aktorsteg
		196	Kontaktfläche
		198	Durchloch
		200	Spiralarme
		202	Mäander
		204	Wippenelementangriffsöffnung
		206	Schlaufe
		208	erster Verbindungskanal
100	Ventil	162''	
102	erster Aktor	162'''	
102'	zweiter Aktor	164	
104	erstes Ventilbetätigungselement	166	
104'	zweites Ventilbetätigungselement	168	
104''	drittes Ventilbetätigungselement	170	
104'''	viertes Ventilbetätigungselement	170'	
106	Rahmenteil	172	
108	Oberteil	174	
110	Unterteil	174'	
112	Vorderfläche	176	
114	Führung	178	
116	(erstes) Wippenelement	180	
116'	zweites Wippenelement	182	
118	erstes Ende	184	
120	Feder	186	
122	zweites Ende	188	
124	Wippenachse	190	
126	Drehstift	192	
128	Leiterplatte	194	
130	Leiterbahn	196	
132	Befestigungselement	198	
134	Niet	200	
136	Fluidkanal	202	
138	erster Einlass	204	
138'	zweiter Einlass	206	
140	Auslass	208	

208'

zweiter Verbindungskanal

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102014002408 A1 [0002]
- DE 202006006862 U1 [0002]
- US 9115820 B2 [0002]
- EP 0719395 B1 [0003]
- US 10396646 B2 [0003]
- EP 2256388 A2 [0003]
- DE 102010051742 A1 [0003]
- US 10337635 B2 [0003]
- US 20200347834 A1 [0003]
- US 2019353269 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Ventil (100), umfassend mindestens einen Aktor (102, 102'), wobei der Aktor (102, 102') zumindest teilweise aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt ist, mindestens zwei Ventilbetätigungselemente (104, 104'), und einen Fluidkanal, wobei der Aktor (102, 102') eingerichtet ist, die Ventilbetätigungselemente (104, 104') wahlweise derart zu bewegen, dass mindestens ein Einlass (138, 138') in den Fluidkanal (136) und/oder mindestens ein Auslass (140) aus dem Fluidkanal (136) zumindest teilweise blockiert oder geöffnet ist.

2. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Aktor (102, 102') im Wesentlichen planar und insbesondere flach ausgebildet ist.

3. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend ein Wippenelement (116), wobei das Wippenelement (116) die zwei Ventilbetätigungselemente (104, 104') mechanisch verbindet, wobei der Aktor (102, 102') das Wippenelement (116) berührt.

4. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Wippenelement (116) die zwei Ventilbetätigungselemente (104, 104') derart mechanisch verbindet, dass die Ventilbetätigungselemente (104, 104') in entgegengesetzten Richtungen beweglich sind.

5. Ventil (100) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wippenelement (116) um eine Wippenachse (124) drehbar ist.

6. Ventil (100) nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens zwei Aktoren (102, 102'), wobei die Aktoren (102, 102') aus einem intelligenten Werkstoff hergestellt sind, wobei die Aktoren (102, 102') in entgegengesetzten Richtungen gegeneinander vorgespannt sind.

7. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Wippenelement (116) die zwei Ventilbetätigungselemente (104, 104') mechanisch verbindet, wobei die Aktoren (102, 102') das Wippenelement (116) berühren.

8. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, weiterhin umfassend mindestens ein Magnetelement (170, 170'), insbesondere ein Permanentmagnetelement, wobei das Magnetelement (170, 170') eingerichtet ist, das Wippenelement (116) in einer vorbestimmten Wippenelementposition zu halten.

9. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die vorbestimmte Wippenelementposition eine Position von zwei stabilen Positionen des Wippenelements (116) ist.

10. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 9, wobei das Wippenelement (116) an der Wippenachse (124) drehbar gelagert ist, oder wobei das Wippenelement (116) mittels mindestens eines Festkörpergelenks (172) um die Wippenachse (124) drehbar ist.

11. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, weiterhin umfassend mindestens ein Knickelement (174, 174'), wobei das mindestens eine Knickelement (174, 174') mit dem Wippenelement (116) verbunden ist, wobei das Knickelement (174, 174') zum Bewegen des Wippenelements (116) in eine stabile Endposition eingerichtet ist.

12. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Knickelement (174, 174') eingerichtet ist, das Wippenelement (116) in einer vorbestimmten Wippenelementposition zu halten.

13. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 12, wobei jeweils ein Aktor (102, 102') einem Ventilbetätigungselement (104, 104') zugeordnet ist.

14. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 13, weiterhin umfassend mindestens eine Feder (120), wobei die Feder (120) eingerichtet ist, mindestens ein Ventilbetätigungselement (104, 104') in Richtung zu einer vorbestimmten Position vorzuspannen, wobei die Feder (120) insbesondere mit dem Wippenelement (116) verbunden ist oder das Wippenelement (116) berührt, wobei die Feder (120) eingerichtet ist, das Wippenelement (116) in Richtung zu einer vorbestimmten Wippenelementposition derart vorzuspannen, dass eines der Ventilbetätigungselemente (104, 104') in Richtung zu der vorbestimmten Position vorgespannt ist.

15. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 14, wobei die Ventilbetätigungselemente (104, 104') getrennt von dem Wippenelement (116) ausgebildet sind oder fest mit dem Wippenelement (116) verbunden sind.

16. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 15, weiterhin umfassend ein Halteelement (176) mit einem Eingriffselement (180), wobei das Eingriffselement (180) eingerichtet ist in Einrastpositionen (182) an dem Wippenelement (116) einzugreifen.

17. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 16, wobei das Ventil (100) mindestens zwei, bevorzugt getrennte, Fluidkanäle (136) mit jeweils mindestens zwei Einlässen (138, 138') und mindestens einem Auslass (140) und mindestens zwei Wip-

penemente (116) aufweist, wobei die Wippenelemente (116) um eine gemeinsame Wippenachse (124) drehbar und fest miteinander verbunden sind.

18. Ventil (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 17, wobei sich die Ventilbetätigungselemente (104, 104') auf der gleichen Seite des Wippenelements (116) oder sich auf gegenüberliegenden Seiten des Wippenelements (116) befinden.

19. Ventil nach einer der Ausführungsformen 3 bis 18, weiterhin umfassend ein Dichtelement (164), wobei das Wippenelement (116) in dem Dichtelement (164) mit einer Wippenelementdurchführung (186) eingelassen ist, welche den Fluidkanal (136) medientrennend abschließt.

20. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend eine Elektronikleiterplatte, wobei die Elektronikleiterplatte mindestens eine Energiequelle aufweist, wobei die Energiequelle insbesondere eine externe Energiequelle ist, die mittels Kabel, einer integrierten Batterie oder einer induktiven Ladeschnittstelle verbunden ist und/oder wobei die Elektronikleiterplatte mindestens eine Schnittstelle aufweist, wobei die Schnittstelle zum Kommunizieren mit einer externen Elektronikvorrichtung eingerichtet ist, wobei die Schnittstelle insbesondere eingerichtet ist, mit der externen Elektronikvorrichtung auf digitale Weise, kabelgebundene Weise und/oder in kabelloser Weise zu kommunizieren und/oder wobei die Elektronikleiterplatte einen Anschluss zum Verbinden mit einer externen Energiequelle aufweist.

21. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Ventil (100) weiterhin mindestens ein auf der Elektronikleiterplatte angeordnetes elektronisches Bauteil aufweist, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus: Mikrochip, insbesondere integrierter Mikrochip, Mikrocontroller, insbesondere integrierter Mikrocontroller, ASIC, Sensor, insbesondere Temperatursensor und/oder Durchflussmesser.

22. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend eine Leiterplatte (128) mit mindestens einer Leiterbahn (130), wobei der Aktor (102, 102') mit der Leiterplatte (128) und der Leiterbahn (130) mittels eines Befestigungselements (132), insbesondere mittels eines Niets (134) befestigt ist, wobei die Leiterbahn (130) eingerichtet ist, den Aktor (102, 102') mit Strom zu versorgen.

23. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens einen Positionssensor, wobei der Positionssensor zum Erfassen einer Position der Ventilbetätigungsele-

mente (104, 104'), des mindestens einen Aktors (102) und/oder des Wippenelements (116) eingerichtet ist, wobei insbesondere der Aktor (102, 102') als Positionssensor ausgebildet ist oder wobei der Positionssensor ein Hall-Sensor, ein kapazitiver Sensor, ein induktiver Sensor, eine resistive Sensor, ein Endschalter, eine Photodiode oder ein Laser ist.

24. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend ein Dichtelement (164), insbesondere ein aus einem Elastomer hergestelltes Dichtelement (164), wobei das Dichtelement (164) insbesondere eine Membran (166), ist wobei das Dichtelement (164) zum Abdichten mindestens eines Ventilsitzes (162, 162') eingerichtet ist.

25. Ventil (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Ventilbetätigungselemente eingerichtet sind, das Dichtelement (164) zu berühren, um den mindestens einen Einlass (138, 138') in den Fluidkanal (136) und/oder den Auslass (140) aus dem Fluidkanal (136) wahlweise zumindest teilweise zu blockieren oder freizugeben.

26. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ventil (100) ein Sitzventil oder Membranventil ist.

27. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Aktor (102) eingerichtet ist, mittels Variierens eines Ansteuerstroms die Ventilbetätigungselemente (104, 104') stufenlos zu bewegen.

28. Ventil (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Aktor (102) aus einem Aktorsteg (194) besteht, aus zwei sich kreuzenden Aktorstegen (194) besteht, aus Aktorstegen (194) besteht, die als Spiralarme (200) ausgebildet sind, aus Aktorstegen (194) besteht, die als Mäander (202) ausgebildet sind, der Aktor (102) eine Wippenelementangriffsöffnung (204) aufweist, und/oder aus Aktorstegen (194) besteht, die als aneinandergereihte Schlaufen (206) ausgebildet sind.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

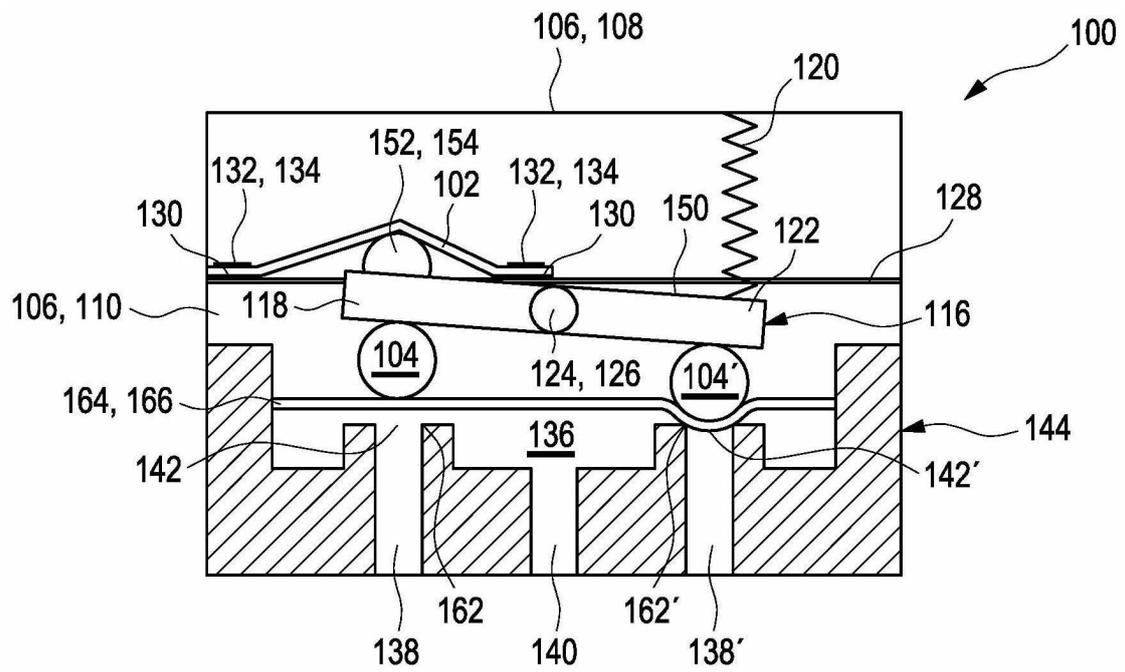


Fig. 1

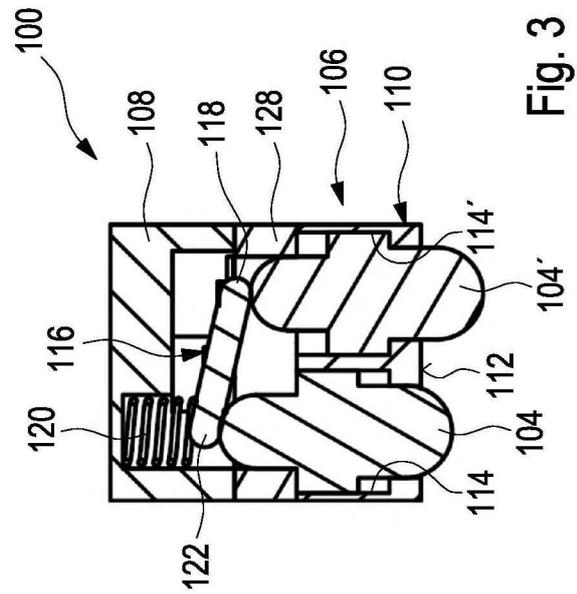


Fig. 3

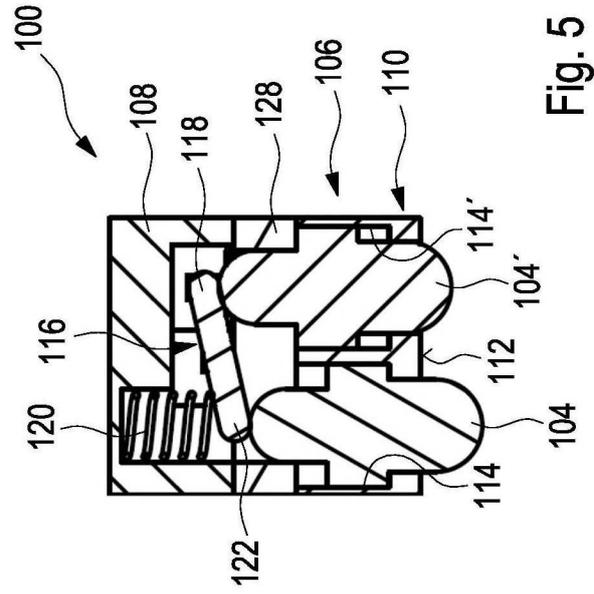


Fig. 5

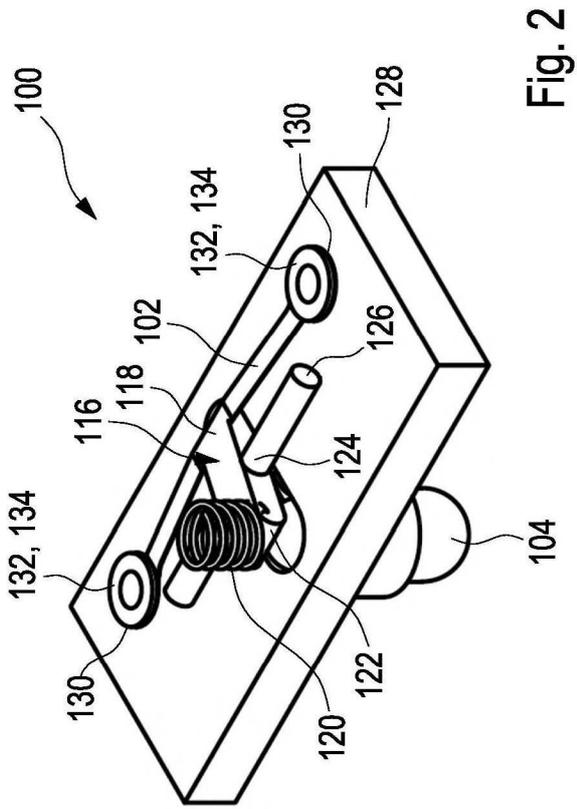


Fig. 2

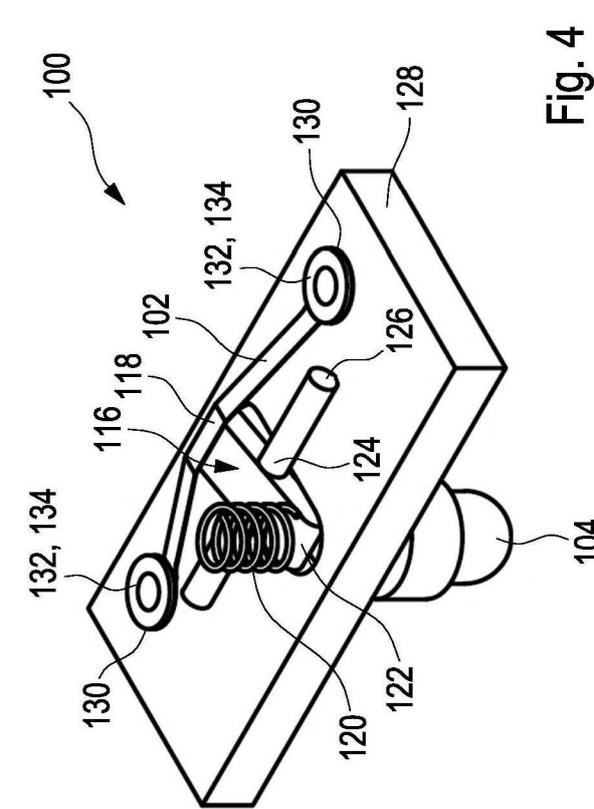


Fig. 4

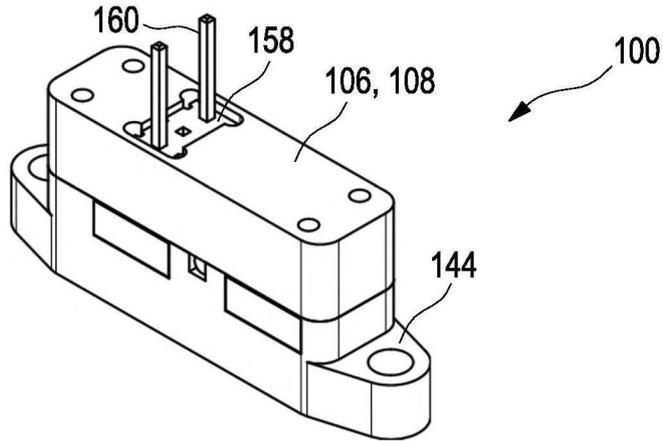


Fig. 6

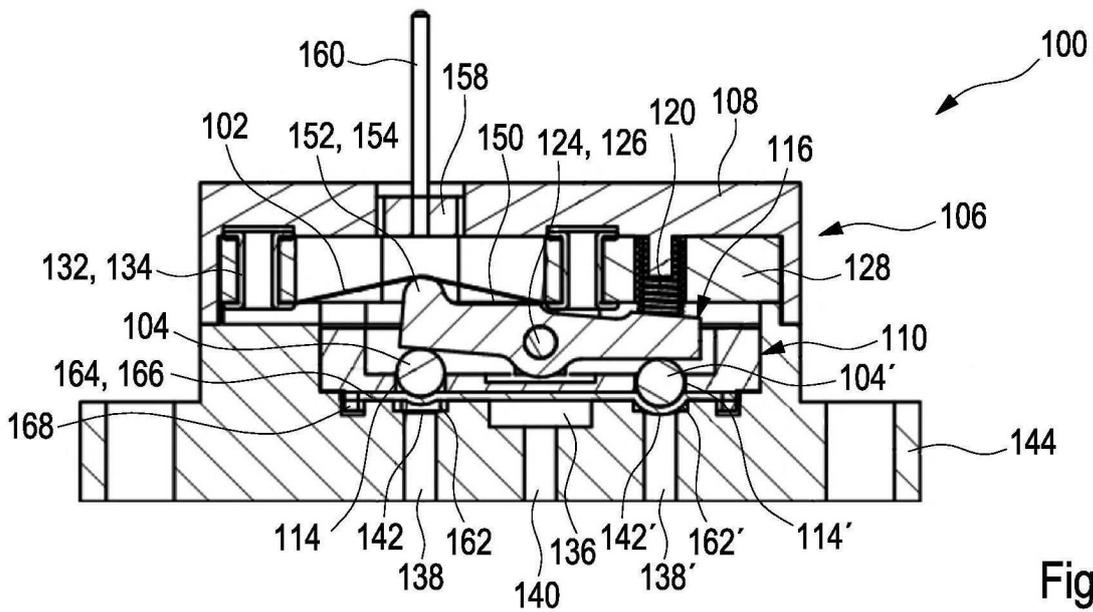


Fig. 7

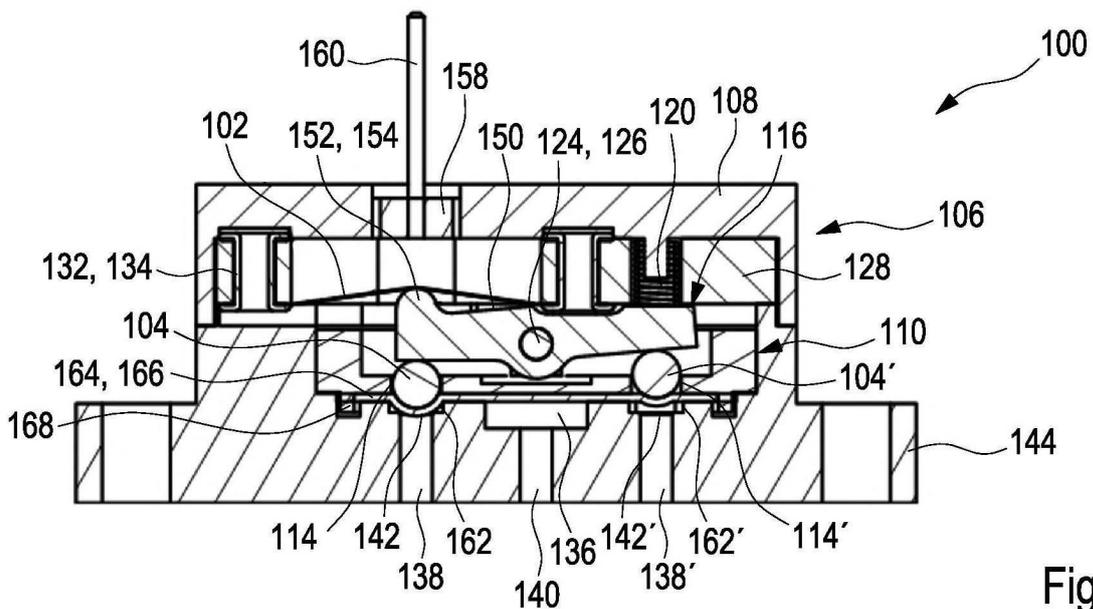


Fig. 8

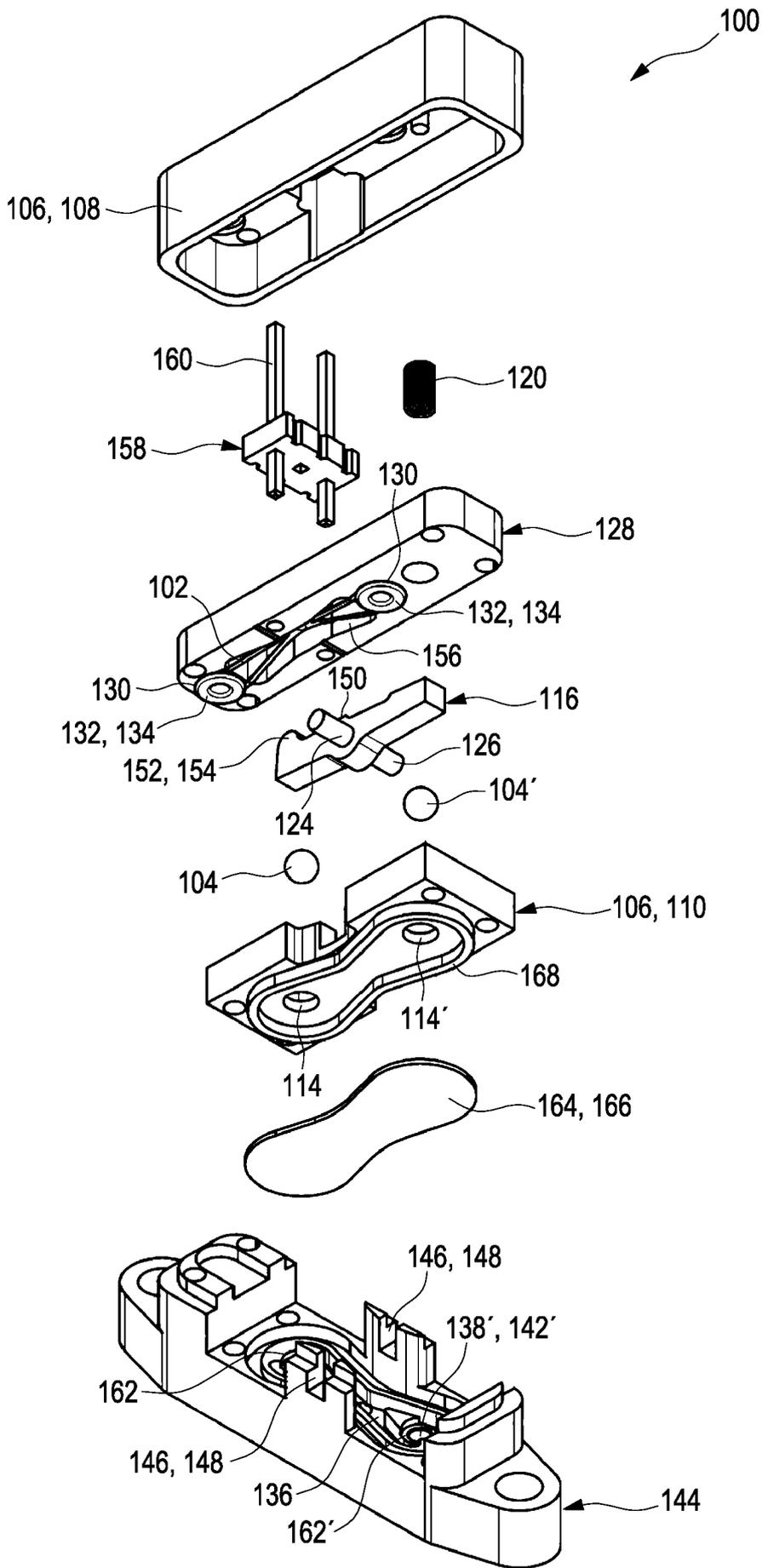


Fig. 9

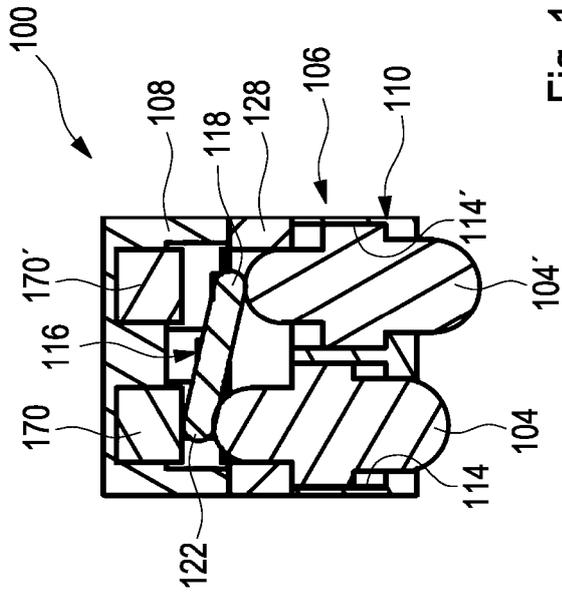


Fig. 10

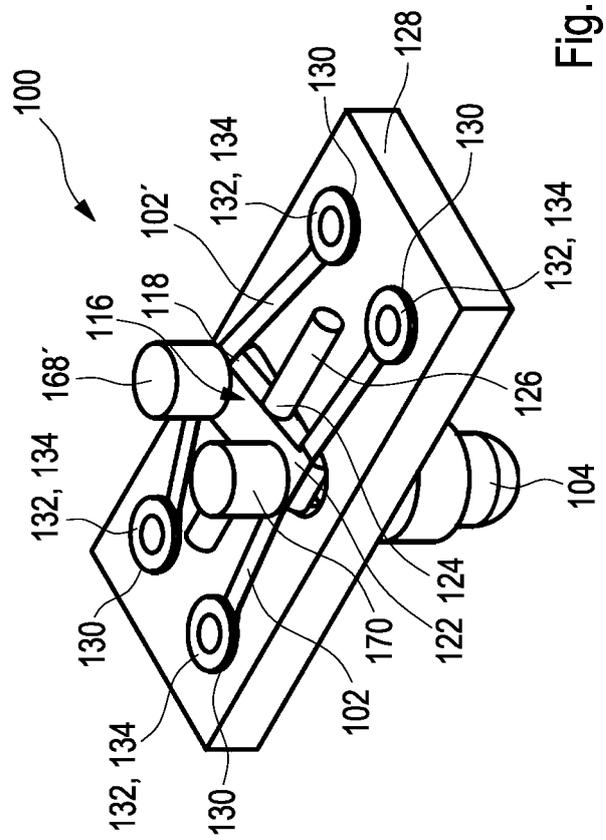


Fig. 11

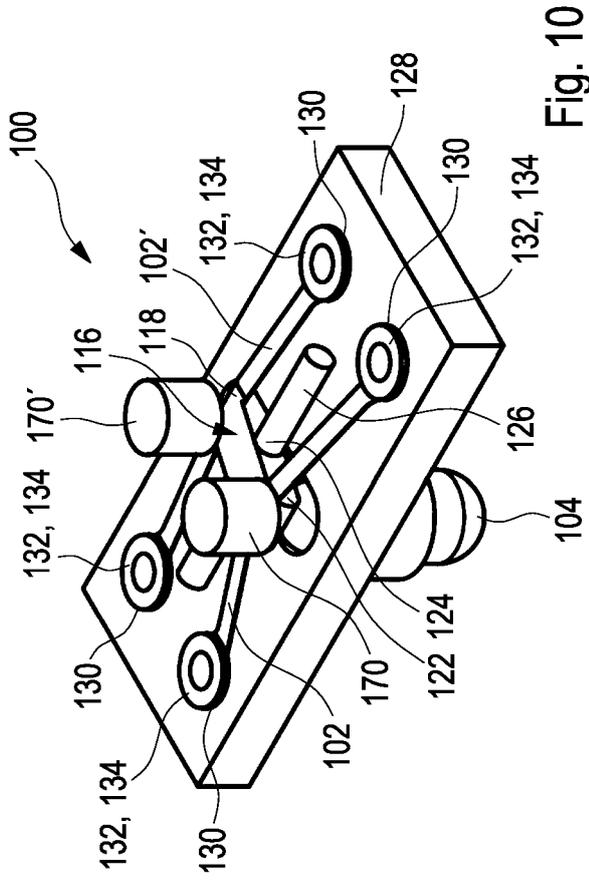


Fig. 12

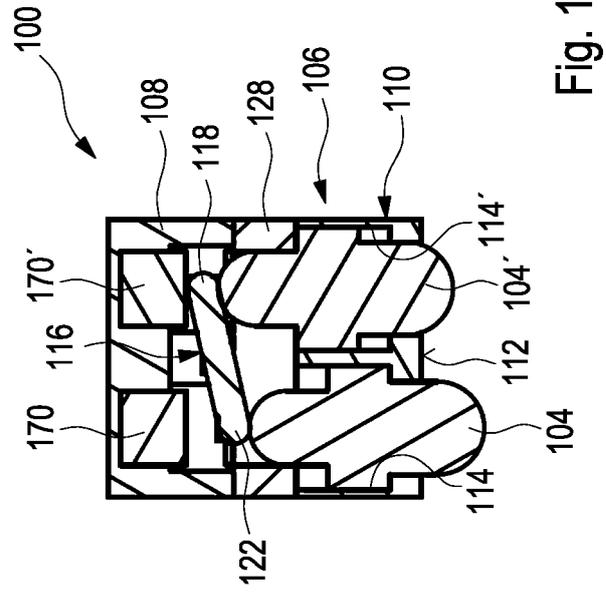


Fig. 13

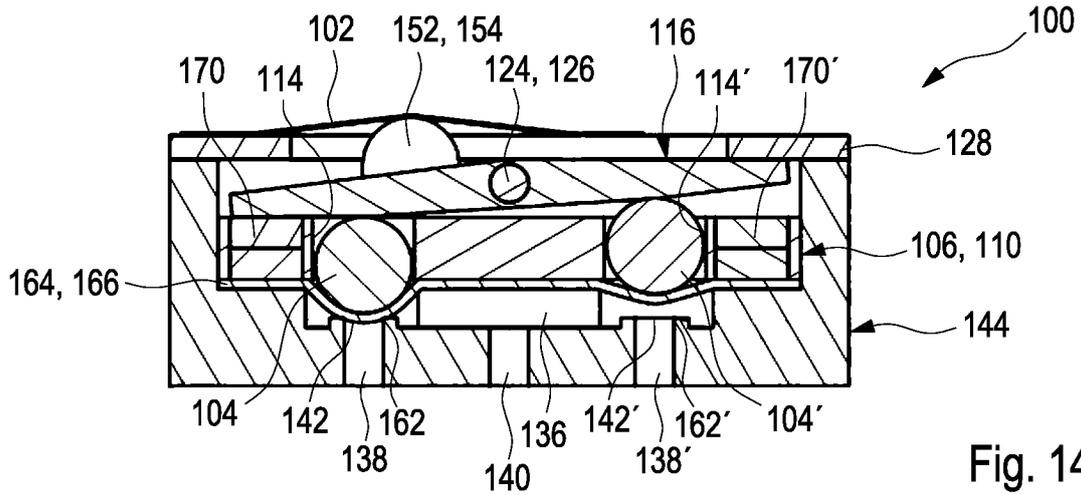


Fig. 14

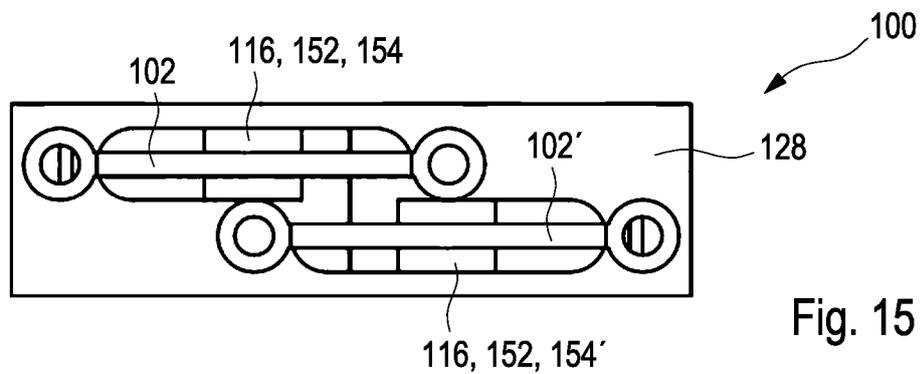


Fig. 15

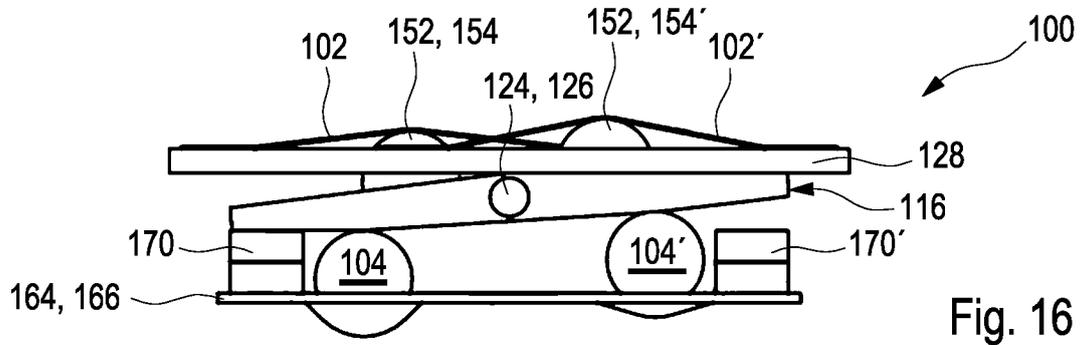


Fig. 16

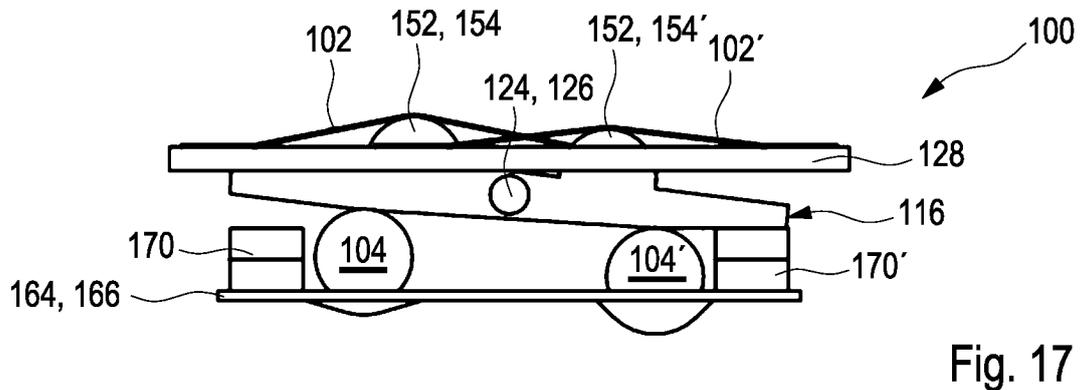


Fig. 17

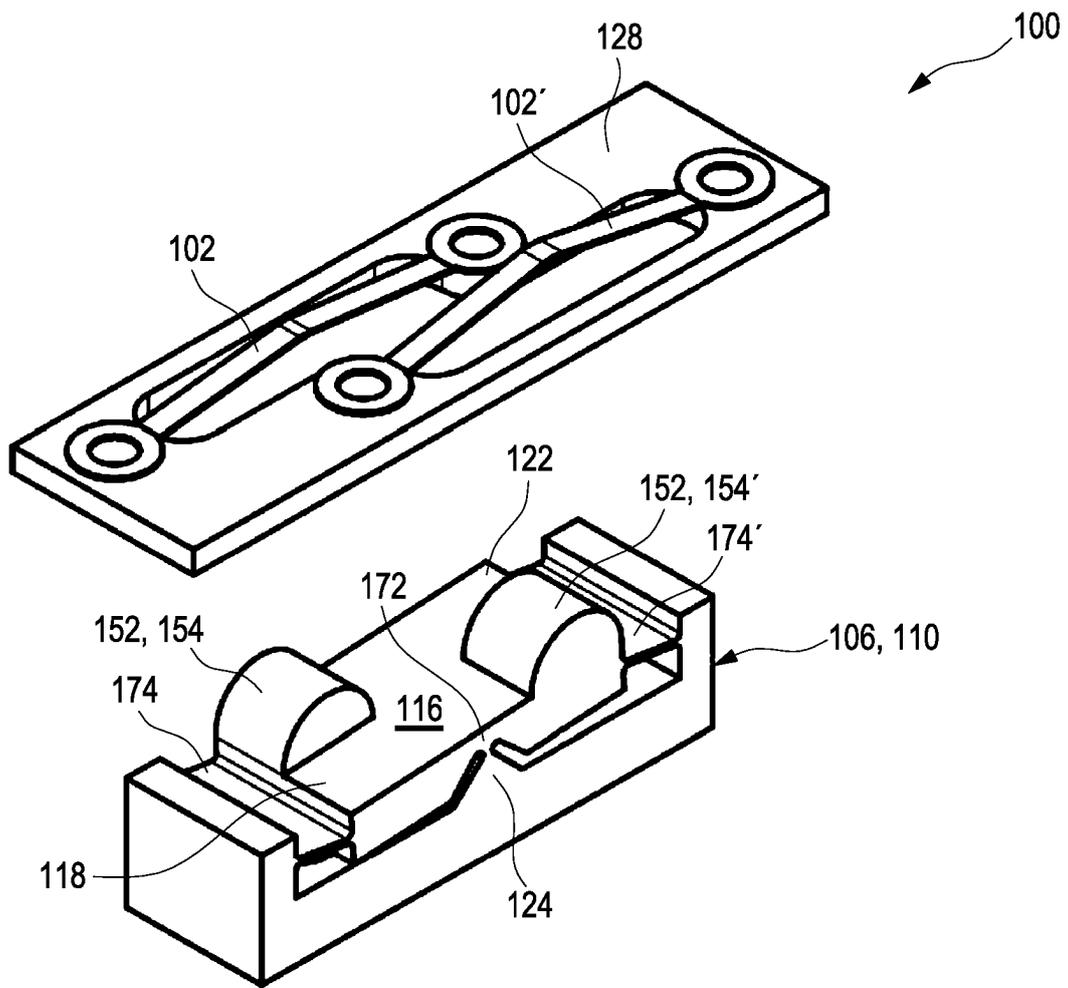


Fig. 21

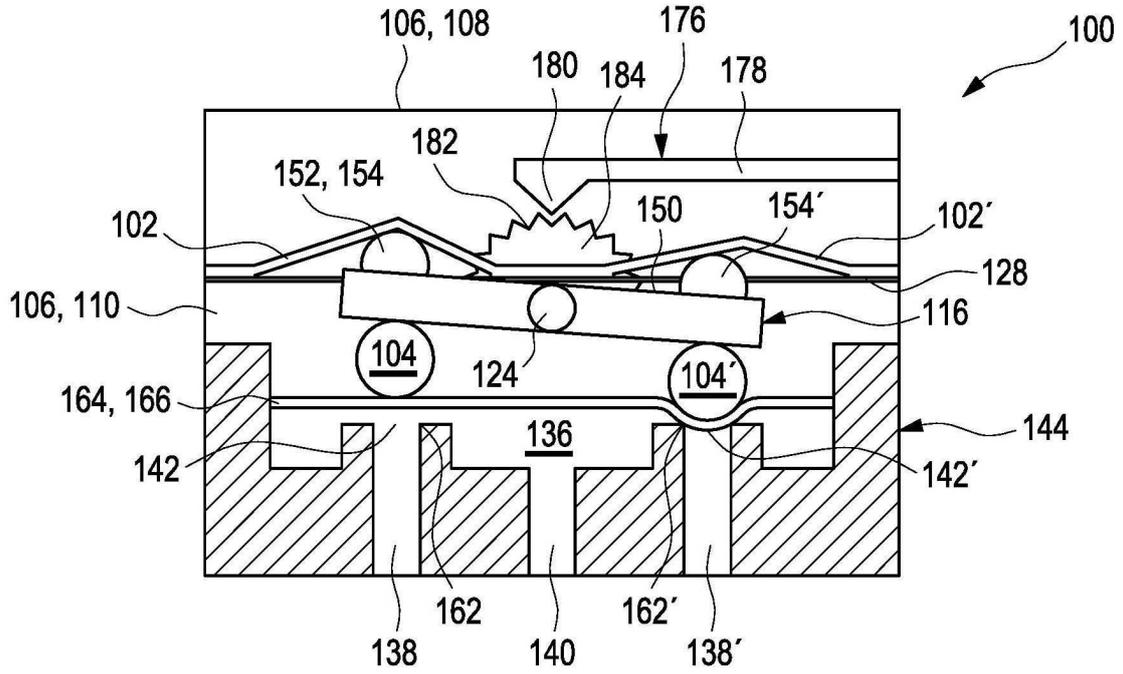


Fig. 22

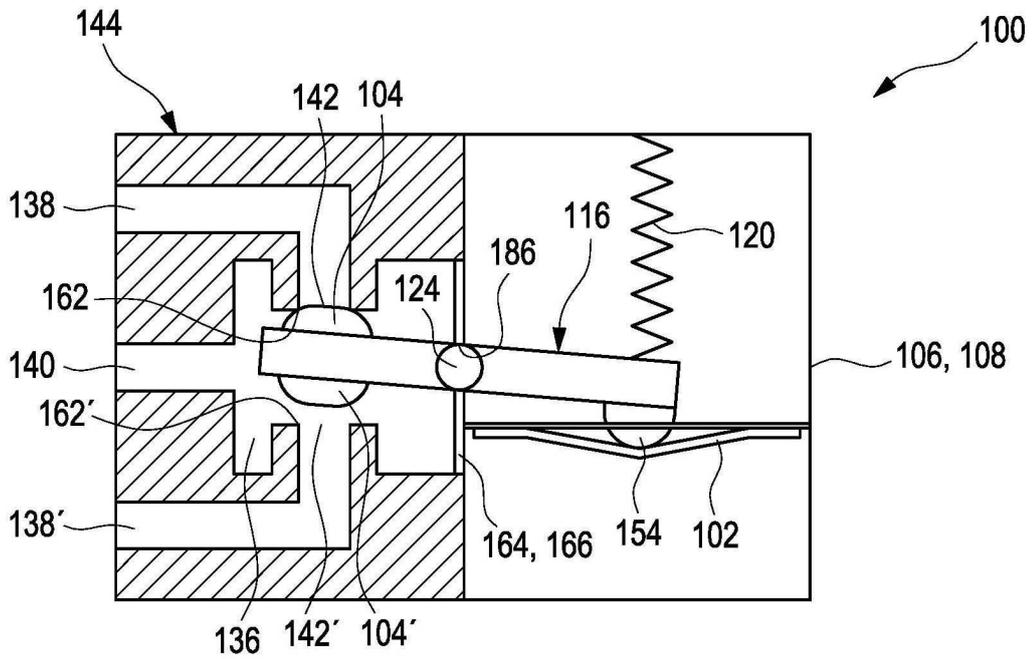


Fig. 23

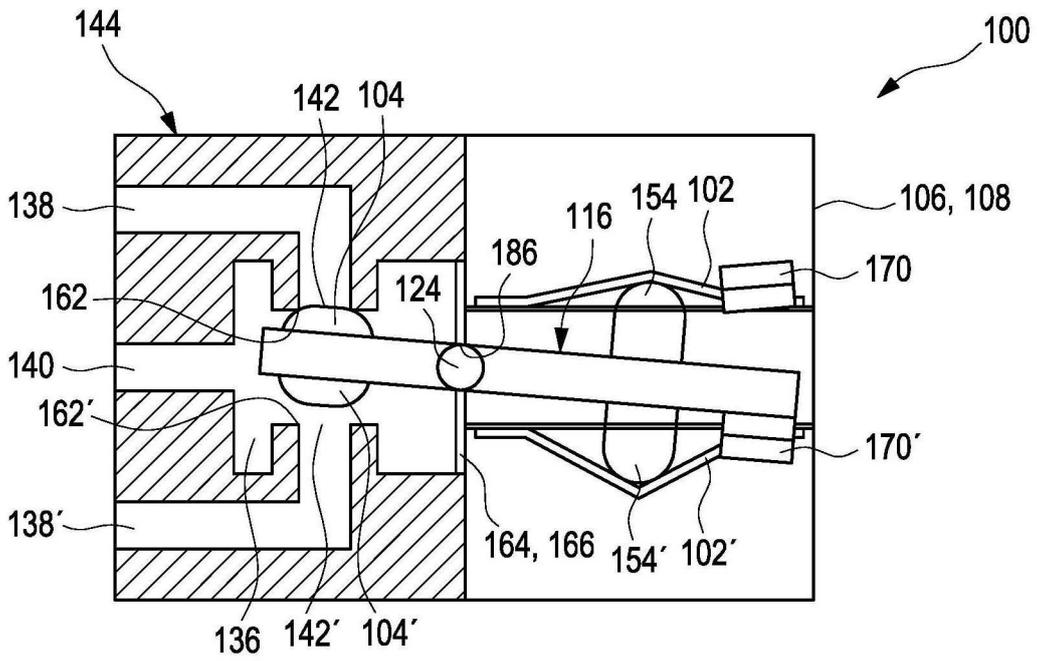


Fig. 24

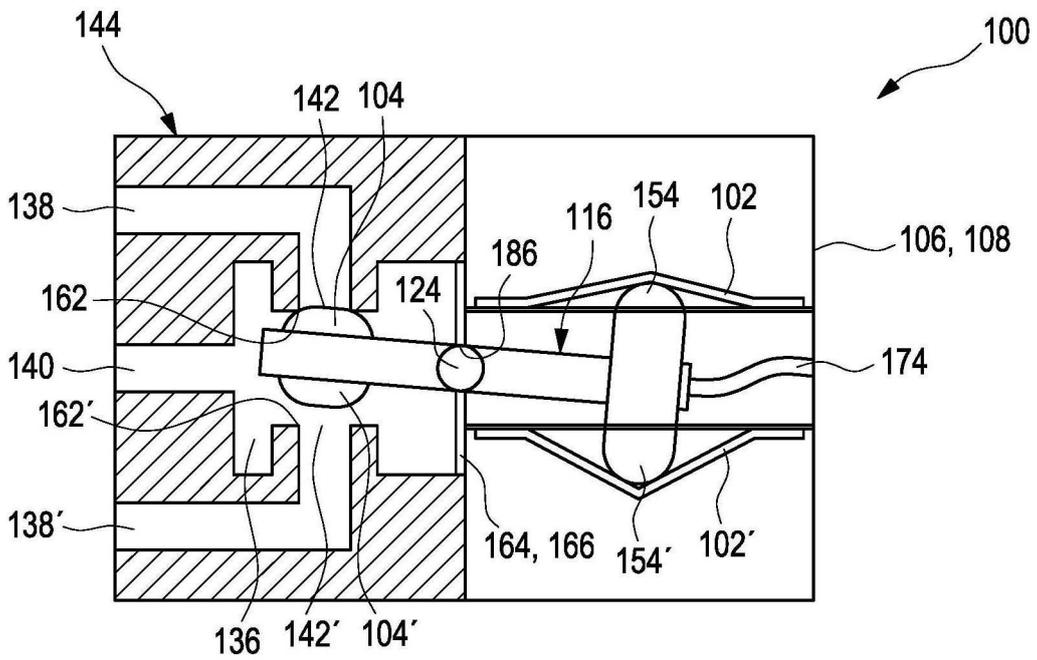


Fig. 25

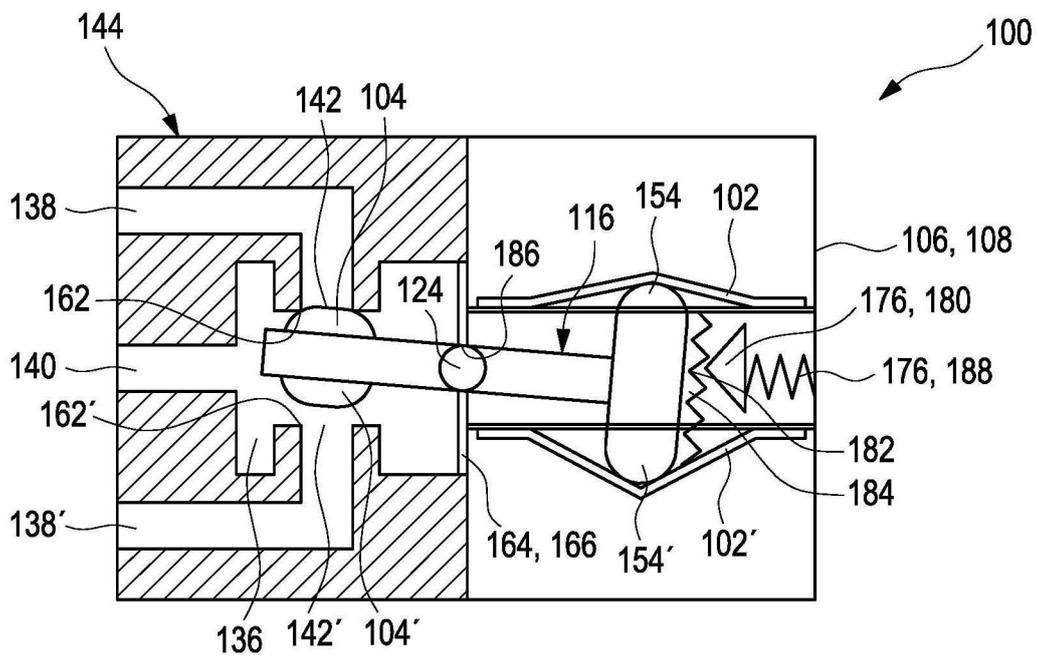


Fig. 26

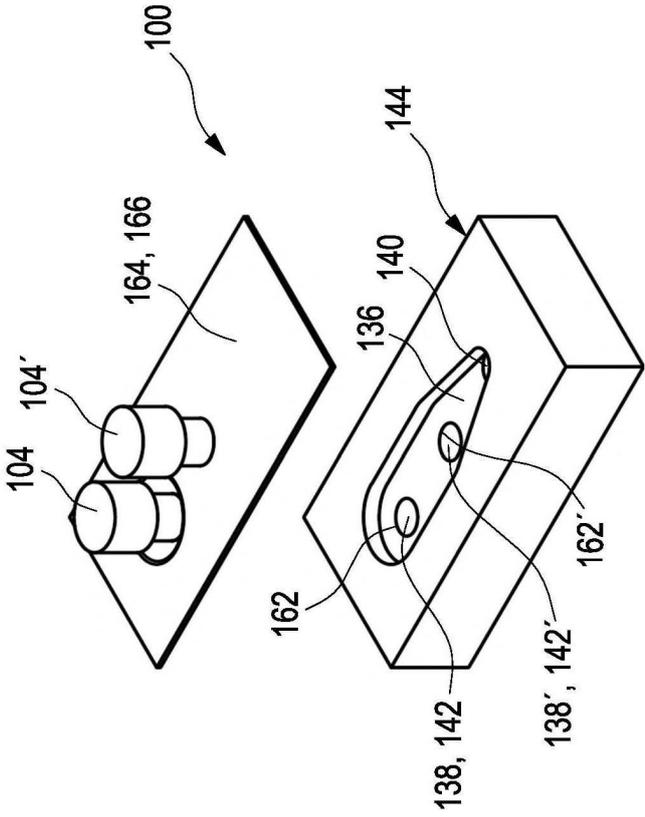


Fig. 29

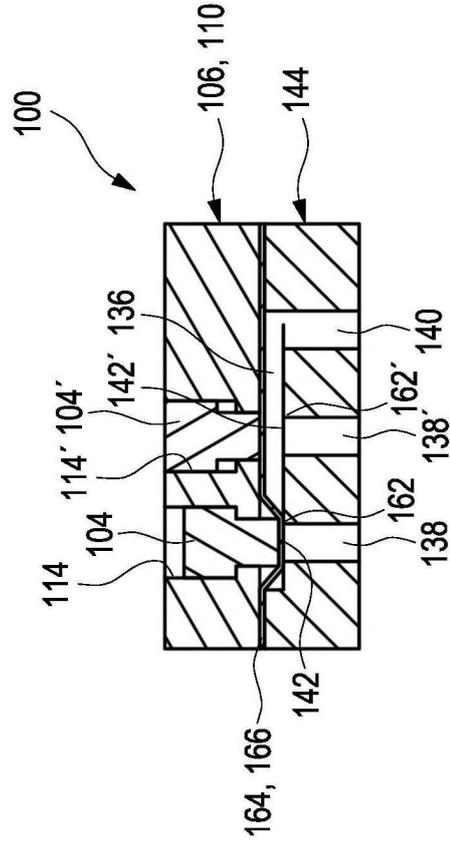


Fig. 30

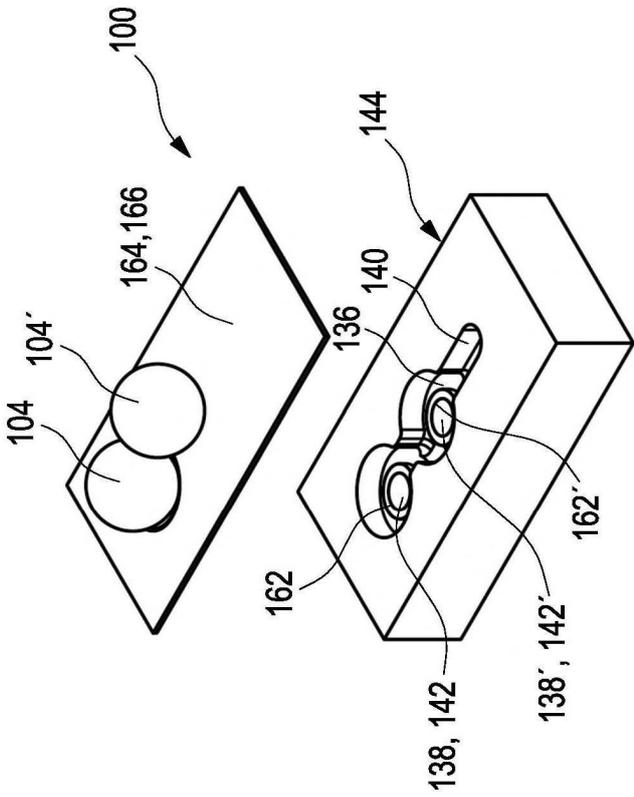


Fig. 27

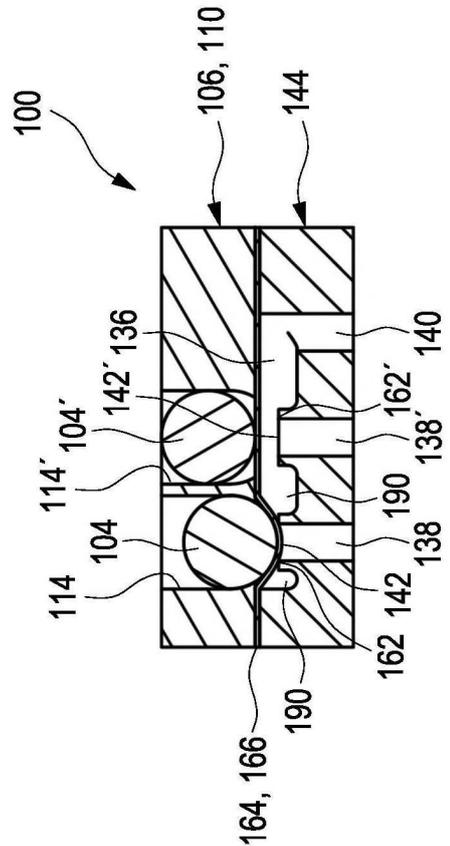


Fig. 28

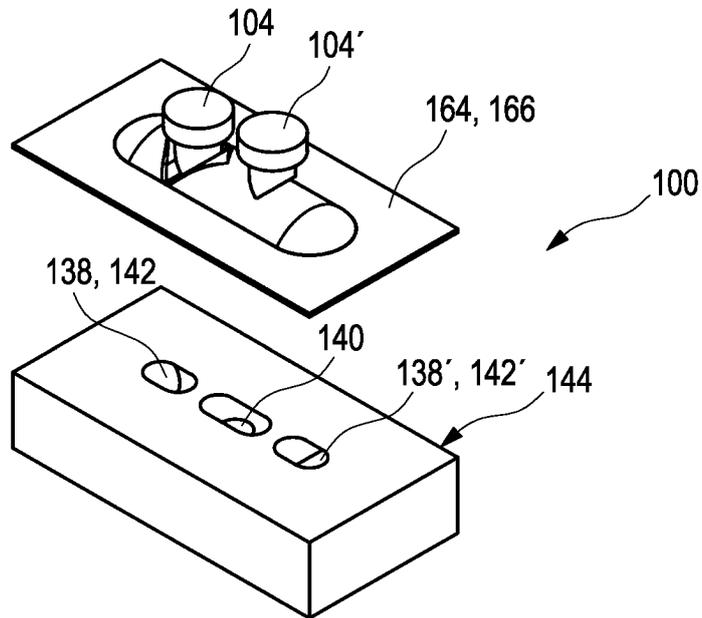


Fig. 31

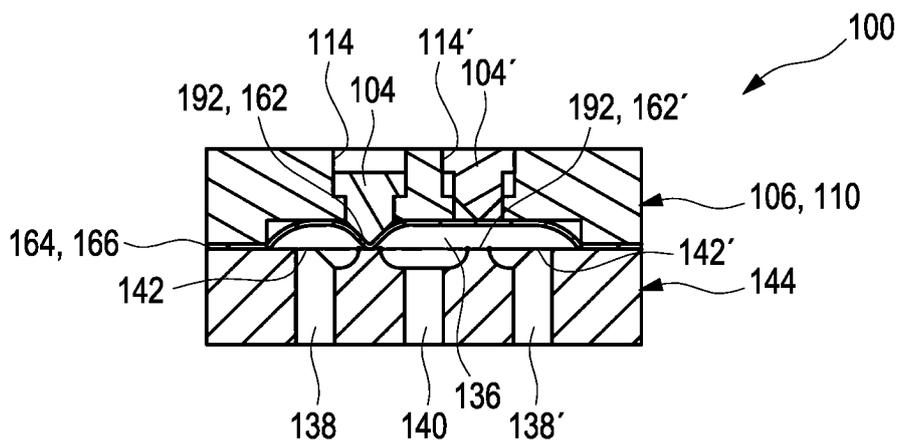


Fig. 32

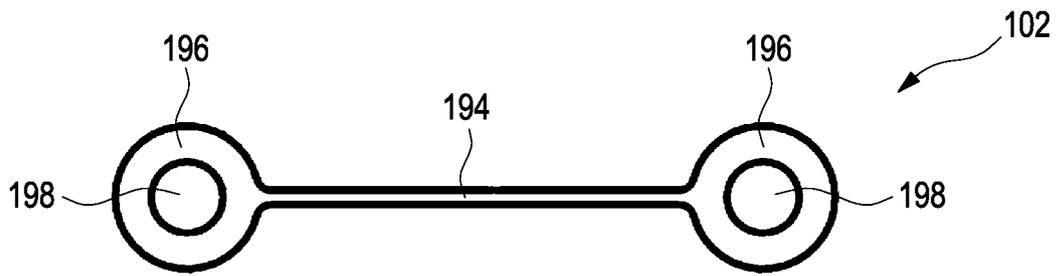


Fig. 33

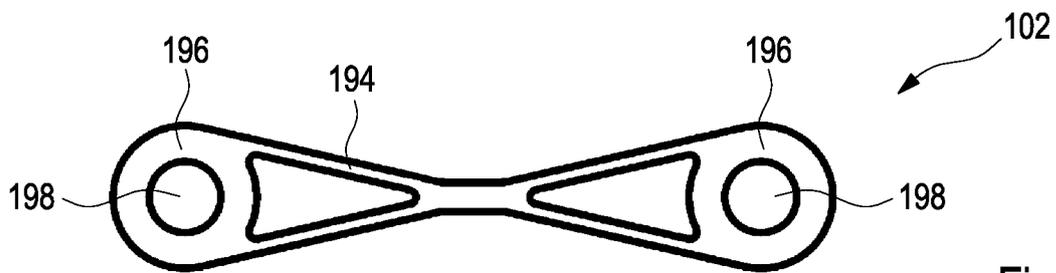


Fig. 34

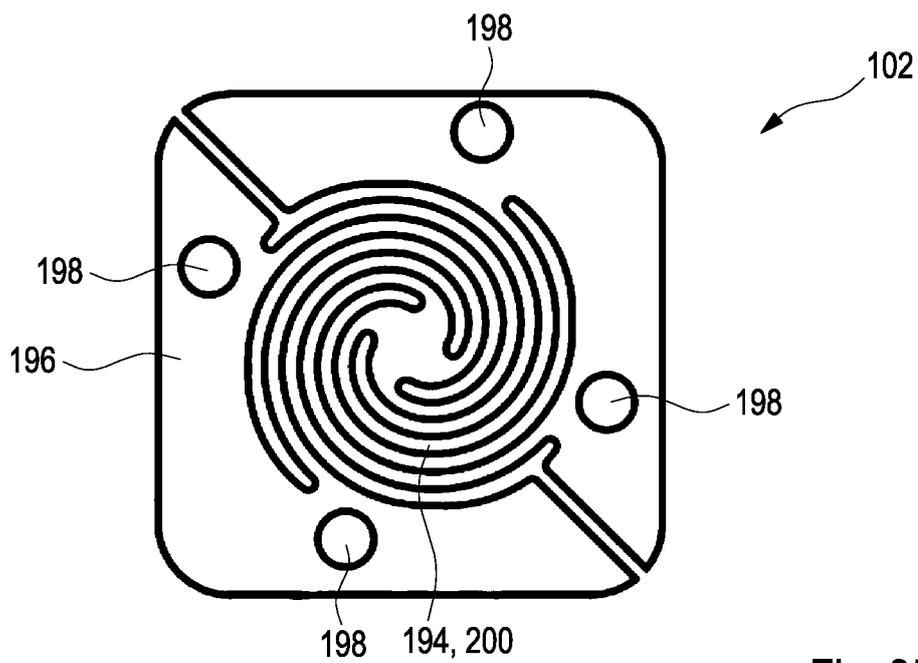


Fig. 35

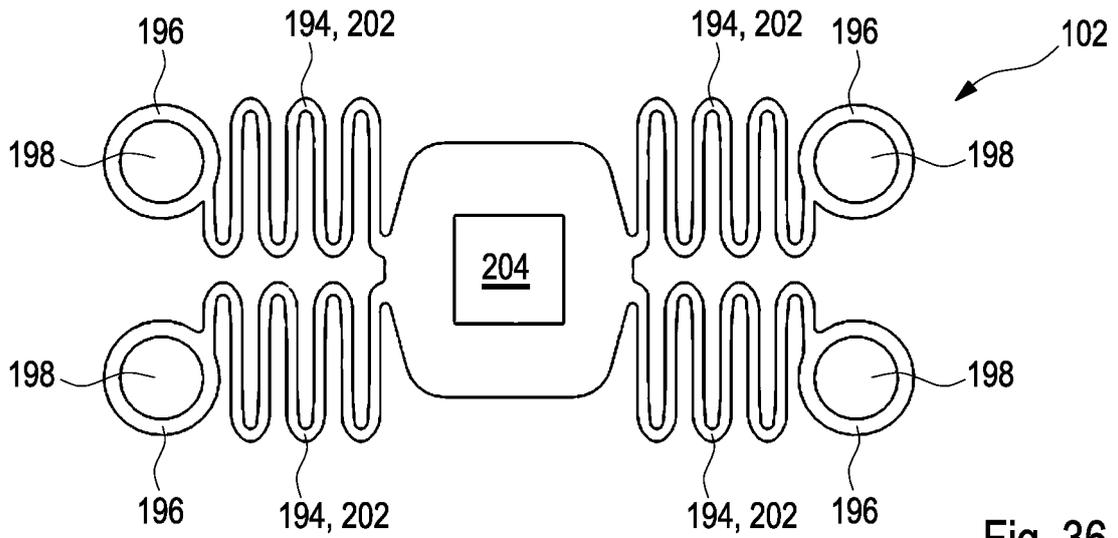


Fig. 36

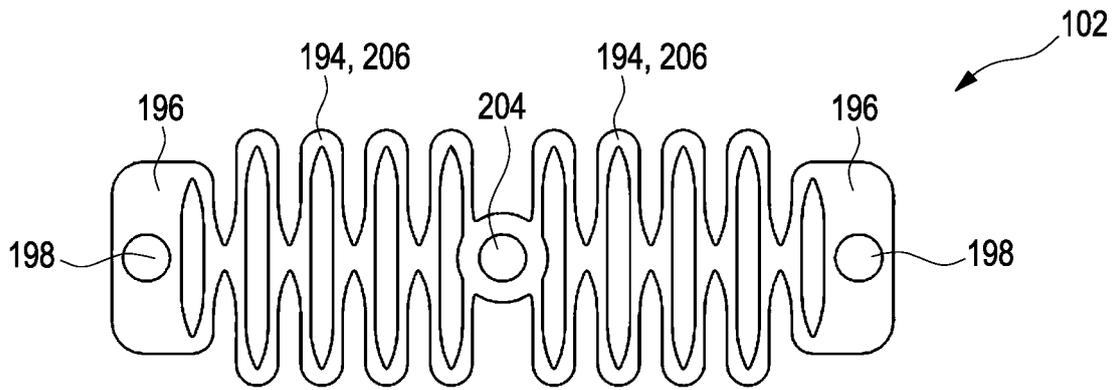


Fig. 37

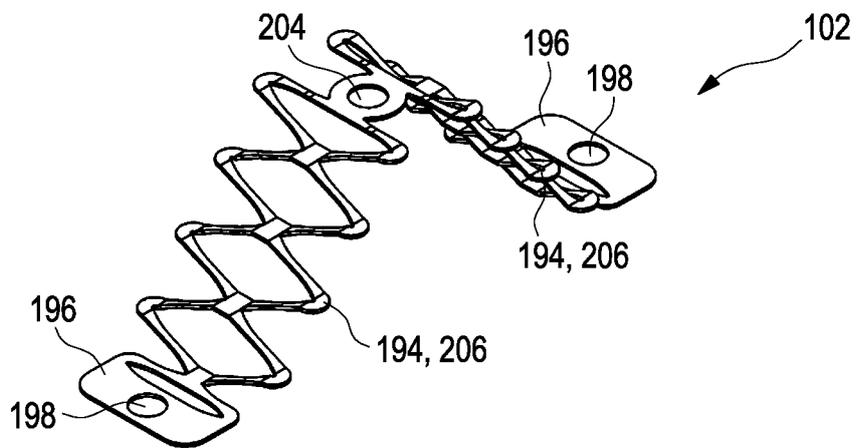


Fig. 38

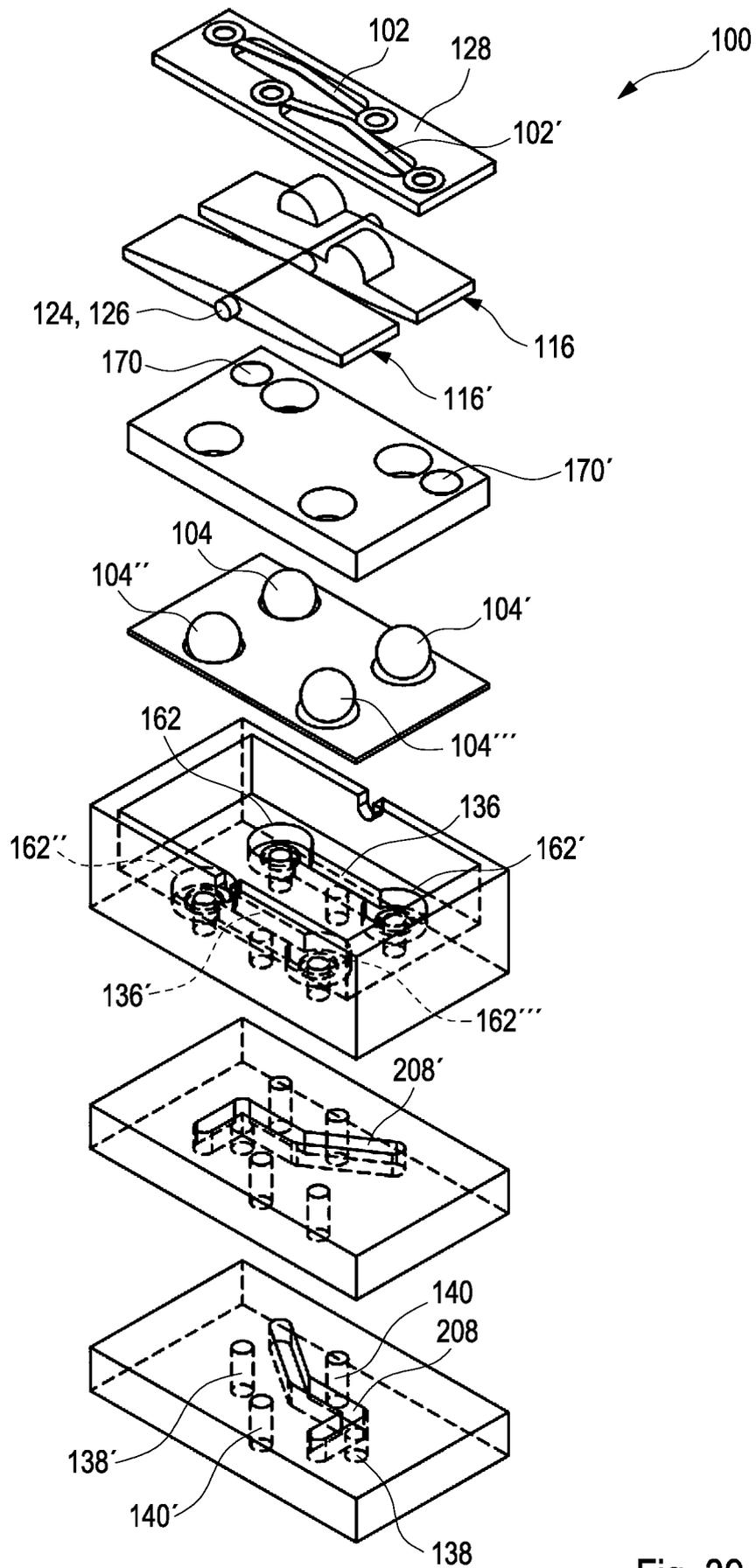


Fig. 39