



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2006 019 419 B4 2008.02.14**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 019 419.5**  
 (22) Anmeldetag: **26.04.2006**  
 (43) Offenlegungstag: **08.11.2007**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **14.02.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02N 10/00 (2006.01)**  
**A61B 19/00 (2006.01)**  
**A61B 1/04 (2006.01)**  
**A61B 5/07 (2006.01)**  
**A61M 31/00 (2006.01)**  
**A61K 9/48 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Wedel, Matthias, 90482 Nürnberg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE10 2005 006877 A1**  
**DE10 2004 034355 A1**  
**DE 29 28 477 A1**  
**US 66 32 216 B2**  
**US 56 62 587 A**  
**US 53 95 366 A**  
**US 64 02 686 B1**  
**WO 2005/0 82 248 A1**

(54) Bezeichnung: **Aktuator insbesondere eines Endroboters**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Aktuator (8, 22a-d, 28, 36, 60, 72, 84, 98) eines Endroboters, umfassend ein Funktionsmittel (18a-c, 26a-d, 32, 44, 64, 74) und ein Energieabsorptionselement zur Aufnahme von Energie aus einem elektromagnetischen Feld.

Eine kleine, robuste und einfache Ausführung des Aktuators kann erreicht werden, wenn das Energieabsorptionselement ein Heizelement (16a-c, 24a-d, 30, 38, 62, 78, 100a-c) aufweist und das Funktionsmittel (18a-c, 26a-d, 32, 44, 64, 74) zur Erfüllung einer Funktion durch Heizwärme ausgebildet ist.

	98	112	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>
1.			-	-	-
2.			+	-	-
3.			+	+	-
4.			+	+	+
5.			-	+	+
6.			-	-	+
7.			+	-	+

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Aktuator insbesondere eines Endoroboters, umfassend ein Funktionsmittel und ein Energieabsorptionselement zur Aufnahme von Energie aus einem elektromagnetischen Feld.

**[0002]** Neben der klassischen Endoskopie unter Verwendung eines länglichen, in das Organ oder Gefäß einzuschubenden Endoskopiegeräts ist die Kapselendoskopie zur Diagnose von Erkrankungen, insbesondere des Gastrointestinaltrakts, beispielsweise aus der DE 10 2005 006 877 A1 bekannt. Hierbei wird ein Mobilteil eines Endoroboters in das Organ oder Gefäß eingebracht und von einem außerhalb des Patienten angeordneten Stationärteil des Endoroboters gesteuert. Bei einer Untersuchung des Gastrointestinaltrakts wird der Mobilteil vom Patienten geschluckt und treibt durch die Peristaltik angetrieben durch den Körper. Innerhalb des Patienten führt das Mobilteil des Endoroboters bestimmte Funktionen aus, nimmt z.B. eine Anzahl von Bildern zur Diagnose des Organs oder Gefäßes auf oder entnimmt Proben oder klammert Wunden. Zur Steuerung einer beabsichtigten Bewegung des Mobilteils wird ein Magnetfeld von außen angelegt, das außerdem ein Funktionselement des Mobilteils mit Strom zur Ausführung der gewünschten Funktion versorgt.

**[0003]** Weitere Schriften mit Bezug zur Endorobotik sind DE 10 2004 034 355 A1, US 6 632 216 B2, US 6 402 686 B1, DE 29 28 477 A1, US 5 395 366 A, WO 2005/082 248 A1 und US 5 662 587 A.

**[0004]** In der DE 10 2004 034 355 A1 ist eine Kapsel zum Freisetzen von in ihr befindlichen Wirkstoffen an definierten Orten in einem Körper offenbart. Diese Freisetzung geschieht durch Erwärmung eines Heizelementes unter der Wirkung eines magnetischen Wechselfelds an einem definierten Ort in einem Körper.

**[0005]** Die US 6 632 216 B2 offenbart eine einnehmbare Kapsel mit einem Empfänger für elektromagnetische Strahlung, durch welche Energie für das Öffnen der Kapsel zur Abgabe einer Substanz geliefert wird.

**[0006]** In der US 6 402 686 B1 ist ein stabförmiges endoskopisches System mit Mitteln zum Senden von in einem Körper aufgenommenen Bildern offenbart.

**[0007]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, mit der ein sehr kleiner, einfacher oder störungsunanfälliger Mobilteil eines Endoroboters erreichbar ist.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch einen Aktuator der Eingangs genannten Art gelöst, bei dem erfindungs-

gemäß das Energieabsorptionselement ein Heizelement aufweist und das Funktionsmittel zur Erfüllung einer Funktion durch Heizungswärme ausgebildet ist. Es kann eine Nutzbewegung durch Wärme angetrieben werden und es kann eine einfache, sehr kleine und robuste Ausführung des Aktuators erreicht werden.

**[0009]** Die Erfindung geht hierbei von der Überlegung aus, dass mechanische Teile, wie ein Motor oder ein Getriebe, aufwendig und hierdurch störanfällig sind. Außerdem sind solche Aktuatoren groß oder haben nur geringe Stellkräfte. Eine Energieversorgung mittels Kabel ist bei einem Aktuator eines Endoroboters nur schwer möglich. Zumindest einer dieser Nachteile kann durch einen Aktuator mit einem Heizelement für eine Funktionsausübung umgangen werden.

**[0010]** Unter einem Endoroboter wird hierbei insbesondere ein Roboter verstanden, der ohne einen gewebezerstörenden Eingriff an unzugänglichen Stellen innerhalb eines insbesondere menschlichen Körpers tätig sein kann. Das elektromagnetische Feld ist zweckmäßigerweise ein Wechselfeld. Das Energieabsorptionselement kann identisch mit dem Heizelement sein. Das Heizelement weist vorteilhafterweise einen Stoff auf, der Energie aus dem elektromagnetischen Feld, insbesondere Wechselfeld, absorbiert, wie beispielsweise Ferritmaterial, Widerstandsdraht oder Eisenpulver. Denkbar ist auch ein ähnlich wirkendes Pulver oder Granulat, eine Spule oder ein anderer Festkörper oder eine Flüssigkeit. Ausgenutzt werden können Ummagnetisierungsverluste bei Eisen bzw. ferritischem Material oder auch ohmsche Verluste.

**[0011]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Heizelement zur unmittelbaren Aufnahme der Energie aus dem elektromagnetischen Feld ausgebildet. Es kann auf eine Umwandlung der Energie aus dem elektromagnetischen Feld in beispielsweise elektrische Energie verzichtet und die Energie direkt als Arbeitsenergie zur Verfügung gestellt werden. Hierfür ist das Heizelement vorteilhafterweise zur direkten Umwandlung der Energie aus dem elektromagnetischen Feld in Wärme vorbereitet.

**[0012]** Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass das Funktionsmittel zur Erzeugung einer Bewegung und das Heizelement zum Aufbringen von für die Bewegung benötigter Kraft oder Energie ausgebildet ist. Es kann auf einfache Weise und mit einem hohen Wirkungsgrad eine große mechanische Kraft erzeugt werden.

**[0013]** Der Aktuator kann robust gehalten und es kann auf mechanische Übersetzungsmittel verzichtet werden, wenn das Funktionsmittel in Verbindung mit einer durch eine Erwärmung des Heizelements her-

vorgerufene Verformung zum Ausführen einer Arbeitsbewegung vorgesehen ist. Hierbei kann das Funktionsmittel selbst verformt werden, beispielsweise indem das Funktionsmittel ein Stück Memorymetall aufweist, das in einem kalten Zustand in einem ersten Formzustand verweilt und bei einer ausreichenden Erwärmung in einen voreingestellten zweiten Formzustand übergeht. Auch ein Bimetall ist denkbar, dass sich bei Wärmeeintrag verformt.

**[0014]** Es ist ebenso denkbar, dass sich das Heizelement bei Erwärmung und Abkühlung selbst verformt und die Verformungsbewegung auf das Funktionselement übertragen wird, das die Arbeitsbewegung vollzieht. Für diese oder eine ähnliche Ausgestaltung der Erfindung ist das Heizelement vorteilhafterweise zu einer Verformung durch eine Erwärmung ausgebildet, wodurch eine einfache Gestaltung des Aktuators möglich ist. Das Heizelement umfasst zweckmäßigerweise ein in einer Wandung gehaltenes Verformmedium, wobei die Wandung bei einer Verformung des Heizelements verformt wird. Die Wandung kann ein Volumen umschließen, wobei das Verformmedium im durch die Erwärmung in Form und/oder Größe veränderten Volumen von der Wandung umschlossen bleibt. Hierzu ist die Wandung insbesondere dehnbar.

**[0015]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst das Heizelement ein zur Aufheizung vorgesehenes Fluid, wodurch eine Erwärmungsveränderung des Heizelements erreichbar ist, die einfach und direkt mit einer Erwärmung gekoppelt ist. Das Fluid kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine gelartige Substanz sein. Ist das Fluid ein Gas, so kann durch Wärmeeintrag eine kontinuierliche Volumenveränderung des Fluids und hierdurch eine gleichmäßige Bewegung des Funktionselements erreicht werden. Bei einer Ausführung des Fluids als Flüssigkeit oder Gel kann das Fluid durch Wärmeeintrag verdampft werden, so dass eine große Volumenveränderung und damit eine große Funktionsbewegung erzielbar ist.

**[0016]** Hierfür ist das Fluid zweckmäßigerweise zu einer Verformung des Heizelements durch einen Phasenübergang vorgesehen. Das Fluid weist vorteilhafterweise einen Siedepunkt auf, der nur wenige Grad oberhalb der Körpertemperatur des Menschen liegt, zweckmäßigerweise zwischen 43°C und 55°C. Außerdem hat das Fluid zweckmäßigerweise eine geringe Wärmekapazität bei diesem Phasenübergang, damit der Wärmeeintrag gering gehalten werden kann und das Fluid bei einem Phasenübergang in die flüssige bzw. gelartige Phase nur wenig Wärme abgibt. Des Weiteren kann das Fluid zweckmäßigerweise eine Mischung aus Gas und Flüssigkeit aufweisen, wobei die Menge der Flüssigkeit eine nach vollständiger Verdampfung erreichte Endgröße und das Gas eine vor Verdampfung vorliegende Anfangsgröße

ße des Heizelements festlegt.

**[0017]** Ein einfacher Mechanismus für einen Eintrag eines Stoffs in den menschlichen Körper kann erreicht werden, wenn das Funktionsmittel einen Innenhohlraum mit einem Auslass aufweist, wobei das Heizelement dazu vorgesehen ist, mittels einer Größenveränderung einen Stoff aus dem Auslass zu drücken. Erreicht der Aktuator einen für eine Stoffgabe vorgesehenen Ort im Körper, kann das Heizelement erwärmt und der Stoff aus dem Innenhohlraum ausgepresst werden.

**[0018]** Eine zuverlässige Ansteuerung des Heizelements kann erreicht werden, wenn das Heizelement zur Absorption von elektromagnetischer Strahlung aus einem vorbestimmten ersten Absorptionsfrequenzband vorbereitet ist und elektromagnetische Strahlung aus einem benachbarten zweiten Frequenzband im Wesentlichen unabsorbiert lässt. Einer Störung der Ansteuerung durch ungewollt einstrahlende elektromagnetische Strahlung kann entgegengewirkt werden. Hierfür ist das Absorptionsfrequenzband vorteilhafterweise schmal gehalten.

**[0019]** Weist der Aktuator mehrere Heizelemente auf, die getrennt ansteuerbar sind, so kann eine auszuführende Funktion aus mehreren Unterfunktionen zusammengesetzt werden und es kann eine große Funktionenvielfalt erreicht werden. Beispielsweise kann ein komplizierter Bewegungsablauf aus einer Reihe von einzelnen Bewegungen zusammengesetzt werden.

**[0020]** Eine getrennte Ansteuerung von mehreren Heizelementen kann einfach erreicht werden, wenn der Aktuator mehrere Heizelemente aufweist, die zu einer Absorption elektromagnetischer Strahlung aus verschiedenen Absorptionsfrequenzbändern ausgeführt sind. Je nach Frequenz eines anregenden elektromagnetischen Feld kann ein bestimmtes Heizelement oder können mehrere Heizelemente gleichzeitig angesteuert werden. Jedes Heizelement weist zweckmäßigerweise eines der Absorptionsfrequenzbänder auf, in dem es absorbiert und die anderen Frequenzbänder vorteilhafterweise unabsorbiert belässt.

**[0021]** Die Erfindung betrifft außerdem einen Endoroboter mit einem wie oben beschriebenen Aktuator und einer Steuereinheit zum Steuern des Aktuators. Der Aktuator ist hierbei vorteilhafterweise von der Steuereinheit mechanisch getrennt, wobei der Aktuator für einen Einsatz innerhalb eines menschlichen Körpers und die Steuereinheit zu einem Verbleib außerhalb des menschlichen Körpers vorgesehen ist. Außerdem umfasst der Endoroboter vorteilhafterweise einen Sender zur Abstrahlung des elektromagnetischen Felds, wobei die Steuereinheit mit dem Sender mechanisch fest verbunden ist. Es ist auch mög-

lich, dass die Steuereinheit mechanisch an den Aktuator gekoppelt ist und Sendebefehle von innerhalb des Körpers an den außerhalb des Körpers angeordneten Sender sendet.

**[0022]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Steuereinheit zum Ansteuern von mehreren Heizelementen mit jeweils einer dem jeweiligen Heizelement zugeordneten Frequenz vorgesehen ist, wobei sich die Frequenzen unterscheiden. Mehrere Heizelemente können unabhängig angesteuert und eine Vielfalt von Funktionen erreicht werden. Die Frequenzen können Frequenzbänder mit einer vorbestimmten Bandbreite sein.

**[0023]** Eine vorteilhafte Steuerung des Aktuators kann erreicht werden durch einen Sensor zur Größenermittlung des Heizelements. Es kann ein Arbeitsstatus des Heizelements ermittelt werden, also beispielsweise, ob das Heizelement gerade groß ist und somit eine Arbeitsfunktion ausführt, oder ob es klein ist und die Arbeitsfunktion, z.B. eine Bewegung, wieder zurückgenommen wurde. Je nach momentanem Arbeitsstatus des Heizelements kann ein weiterer Arbeitsschritt durch die Steuereinheit angeregt werden. Die Größenermittlung kann durch Ultraschall oder eine Durchleuchtung, z.B. mittels Röntgenstrahlung, erfolgen. Hierbei kann eine Größe eines Gasvolumens in einer umgebenen Flüssigkeit durch den starken Kontrast zwischen Flüssigkeit und Gas leicht bestimmt werden. Zweckmäßigerweise wird eine Größenveränderung von der Steuereinheit überwacht, wodurch eine präzise Ermittlung eines momentanen Arbeitsstatus erfolgen kann.

**[0024]** Eine vorteilhafte Steuerung des Aktuators kann ebenfalls erreicht werden durch einen Sensor zur Ermittlung einer Energieaufnahme des Heizelements. Je nach Energieaufnahme kann geschlossen werden, wie weit das Heizelement aufgeheizt ist und daraus ein momentaner Arbeitsstatus ermittelt werden. Die Energieaufnahme kann aus einer Dämpfung des elektromagnetischen Felds geschlossen werden.

**[0025]** Es wird außerdem vorgeschlagen, dass der Endoroboter einen Sensor zur Ermittlung einer Verschiebung eines Absorptionsfrequenzbands durch eine Bewegung des Heizelements oder des Funktionsmittels aufweist. Hierbei ist der Aktuator vorteilhafterweise so ausgeführt, dass er bei einer Änderung der Form des Heizelements oder des Funktionsmittels sein Absorptionsfrequenzband ändert. Durch eine Messung der Dämpfung des elektromagnetischen Felds bei ausgewählten Frequenzen kann somit auf eine Form des Heizelements geschlossen werden.

**[0026]** Ebenso gut möglich ist eine Änderung der Induktivität des Schwingkreises aus Sender und Aktuator, aus der auf einen Arbeitsstatus geschlossen

werden kann. Die Messung der Energieaufnahme bzw. der Dämpfung des Heizelements kann rein qualitativ erfolgen, also z.B. nur als relative Änderung einer Energieaufnahme, oder quantitativ.

**[0027]** Umfasst der Endoroboter mehrere Sensoren zur unabhängigen Überwachung mehrerer Heizelemente, so kann ein komplizierter Arbeitsablauf zuverlässig überwacht werden.

**[0028]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

**[0029]** Es zeigen:

**[0030]** [Fig. 1](#) einen Patienten mit einem Endoroboter,

**[0031]** [Fig. 2](#) einen Aktuator des Endoroboters aus [Fig. 1](#),

**[0032]** [Fig. 3](#) vier weitere Aktuatoren eines Endoroboters,

**[0033]** [Fig. 4](#) einen weiteren Aktuator in geöffneter und geschlossener Stellung,

**[0034]** [Fig. 5](#) einen weiteren Aktuator in passiver und aktiver Stellung,

**[0035]** [Fig. 6](#) ein Dreibein mit drei Aktuatoren,

**[0036]** [Fig. 7](#) einen Aktuator zum Dehnen in passiver und aktiver Stellung,

**[0037]** [Fig. 8](#) einen Aktuator zum Halten in einem Gefäß in passiver und aktiver Stellung,

**[0038]** [Fig. 9](#) einen Aktuator zum Ausstoßen eines Fluids in passiver und aktiver Stellung,

**[0039]** [Fig. 10](#) einen Aktuator zum gesteuerten Fortbewegen,

**[0040]** [Fig. 11](#) den Aktuator aus [Fig. 10](#) in dreifach aktivem Zustand und

**[0041]** [Fig. 12](#) einen Bewegungsablauf des Aktuators aus [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) in einem Gefäß mit einem Steuerschema.

**[0042]** [Fig. 1](#) zeigt einen Patienten **2** auf einer Liege **4** mit einem Endoroboter **6**, der einen in [Fig. 1](#) nur schematisch dargestellten Aktuator **8**, eine Steuereinheit **10** mit einem Sensor **11** und ein Übertragungsmittel **12** aufweist. Das Übertragungsmittel **12** ist als Sende- und Empfangsspule ausgebildet, die ein elektromagnetisches Wechselfeld **14** erzeugt und zu einem Empfangen des Wechselfelds **14** vorgese-

hen ist zum Messen des Wechselfelds **14** durch die den Sensor **11** bzw. die Steuereinheit **10**. Die Steuereinheit **10** regt das Wechselfeld **14** mit einer oder mehreren einstellbaren festen oder variablen Frequenzen an und wertet das von der Spule gegebene Empfangssignal aus.

[0043] **Fig. 2** zeigt den Aktuator **8** des Endroboters aus **Fig. 1** in einer schematischen Darstellung. Der Aktuator **8** umfasst drei Energieabsorptionselemente in Form von Heizelementen **16a-c**, die mit jeweils einem Funktionsmittel **18a-c** verbunden sind. Das erste Heizelement **16a** ist zur Absorption von elektromagnetischer Strahlung **14**, z.B. Radiostrahlung, durch Induktion aus einem ersten Absorptionsfrequenzband vorbereitet, das an Material **20a** des Heizelements **16a**, z.B. Ferritmaterial, in der Weise angepasst ist, dass das Material **20a** die elektromagnetische Strahlung **14** gut absorbieren und durch Ummagnetisierungsverluste gut in Wärme umwandeln kann. Die Heizelemente **16b** und **16c** sind analog ausgeführt, weisen jedoch ein leicht unterschiedliches Material **20b**, **20c** auf, das auf ein zweites bzw. drittes Absorptionsfrequenzband angerichtet ist. Die drei Absorptionsfrequenzbänder sind in ihrer Frequenzlage leicht verschieden und überlappen sich nicht, so dass jedes Heizelement **16a-c** elektromagnetische Strahlung aus einem der benachbarten Frequenzbänder im Wesentlichen unabsorbiert lässt. Auf diese Weise sind die drei Heizelemente **16a-c** durch drei verschiedene Anregungsfrequenzen von der Steuereinheit **10** getrennt ansteuerbar. Die drei Funktionsmittel **18a-c** sind zur Erfüllung jeweils einer eigenen Funktion unterschiedlich ausgeführt.

[0044] **Fig. 3** zeigt vier verschiedene Aktuatoren **22a-d** mit jeweils einem Heizelement **24a-d** und einem Funktionsmittel **26a-d**. Im Aktuator **22a** sind das Heizelement **24a** und das Funktionsmittel **26a** in Schichten übereinander angeordnet. Im Aktuator **22b** ist das Heizelement **24b** als viele kleine Teilchen im Funktionsmittel **26b** gelagert. In den Aktuatoren **22c** und **22d** ist das Heizelement **24c**, **24d** innerhalb bzw. außerhalb des Funktionsmittels **26c**, **26d** angeordnet. Die Lage der Heizelemente **24a-d** zu ihrem Funktionsmittel **26a-d** wird durch die vom Funktionsmittel **26a-d** zu erfüllende Funktion bestimmt.

[0045] Alle Aktuatoren **8**, **22a-d** sind auf eine gute Kühlung ihrer Heizelemente **16a-c**, **24a-d** ausgelegt, indem sie entweder außenseitig im Aktuator **8**, **22a**, **22d** angeordnet sind und/oder ein Wärmeübertragungsmittel zur Übertragung von Wärme vom Heizelement **16a-c**, **24b**, **24c** nach außerhalb des Aktuators **8**, **22b**, **22c** aufweisen. Das Wärmeübertragungsmittel kann durch ein Funktionsmittel **26b**, **26c** gebildet werden, dass zur Wärmeübertragung vorgesehen ist. Durch die vorgesehene thermische Anbindung der Heizelemente **16a-c**, **24a-d** an die Umgebung des Aktuators **8**, **22a-d** können die Heizelemen-

te **16a-c**, **24a-d** nach einer Erwärmung schnell abkühlen und das jeweilige Funktionsmittel **18a-c**, **26a-d** rasch in seinen Ausgangszustand, z.B. seine Ausgangsposition, zurückkehren.

[0046] Weitere Aktuatoren **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98** sind in den **Fig. 4** bis **Fig. 12** dargestellt, deren Wirkweise analog zu den oben beschriebenen Aktuatoren **8**, **22a-d** ist. Im Weiteren wird nur auf die Unterschiede zwischen den Aktuatoren **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98** und **8**, **22a-d** eingegangen.

[0047] In **Fig. 4** ist ein weiterer Aktuator **28** mit einem Heizelement **30** und einem Funktionsmittel **32** mit zwei Greifarmen **34** dargestellt, die auf der linken Hälfte der **Fig. 4** in geöffneter Position und auf der rechten Hälfte der **Fig. 4** in geschlossener Position gezeigt sind. Einer der oder beide Greifarme **34** sind aus Memorymetall gefertigt, die bei einem kalten Heizelement **30** in der geöffneten Position ruhen. Bei einer Erwärmung des Heizelements **30** überträgt sich Wärme aus dem Heizelement **30** in die Greifarme **34**, die sich ab einer vorgegebenen Temperatur in die geschlossene Position bewegen und dort so lange ruhen, wie ihre Temperatur über der vorgegebenen Temperatur liegt. Mit Hilfe der Greifarme **34** kann so ein Stück Gewebe gegriffen oder sogar von anderem Gewebe abgetrennt werden.

[0048] Der in **Fig. 5** dargestellte Aktuator **36** umfasst als Heizelement **38** einen mit Flüssigkeit **40** gefüllten dehnbaren Behälter **42** und ein als Stempel ausgeführtes Funktionsmittel **44**, die beide in einem Gehäuse **46** mit einer Wandung **48** und einem Boden **50** angeordnet sind. Bei einer Erwärmung des Heizelements **38** erwärmt sich die Flüssigkeit **40** durch direkte Absorption von elektromagnetischer Strahlung oder indem in der Flüssigkeit **40** Strahlung absorbierende Teilchen, z.B. Ferritteilchen, eingelagert sind. Da der Siedepunkt der Flüssigkeit **40** bei 45°C liegt und die Wärmekapazität der Flüssigkeit **40** niedrig ist, siedet die Flüssigkeit **40** bereits bei einem geringen Wärmeeintrag und der Behälter **42** füllt sich mit Gas **52** und dehnt sich aus. Hierdurch führt der Stempel eine Arbeitsbewegung aus, indem er aus dem Gehäuse **46** gedrückt wird. Bei einer Abkühlung fährt der Stempel wieder in das Gehäuse **46** ein. Alternativ ist es möglich, dass der Boden **50** als Heizelement ausgeführt ist und seine Wärme auf die Flüssigkeit **40** überträgt.

[0049] Ein Dreibein **54** mit drei wie in **Fig. 5** gezeigten Aktuatoren **36**, einer Grundplatte **56** und einer Arbeitsplatte **58** ist in **Fig. 6** dargestellt. Die Heizelemente **38** der Aktuatoren **36** sind auf unterschiedliche Absorptionsfrequenzbänder eingestellt, so dass die Aktuatoren **36** getrennt ansteuerbar sind und die Arbeitsplatte **58** in drei Freiheitsgraden bewegbar ist, nämlich zweidimensional schwenkbar und in Hubrichtung der Funktionsmittel **44** heb- und senkbar. Ein

solches Dreibein **54** ist beispielsweise zur Bewegung einer Kamera geeignet.

[0050] Ein weiterer Aktuator **60** mit einem Heizelement **62** und einem als Außenhaut ausgeführten Funktionsmittel **64** ist in [Fig. 7](#) geschnitten dargestellt. Das Heizelement **62** umfasst elastisches Material **66**, z.B. ein Gel oder ein Elastomer, das entweder aus sich heraus oder mit Hilfe von eingelagerten Teilchen zur Absorption von Energie aus einem elektromagnetischen Wechselfeld vorgesehen ist. Im elastischen Material **66** sind Flüssigkeitsbläschen **68** eingelagert, deren Flüssigkeit bei einer genügenden Erwärmung verdampft und sich hierdurch Gasbläschen **70** bilden, die eine Ausdehnung der Außenhaut bewirken. Hierdurch kann ein Gefäß beispielsweise gedehnt werden.

[0051] In [Fig. 8](#) ist ein Aktuator **72** mit einem Funktionsmittel **74** zum Halten in einem Gefäß **76** geschnitten dargestellt, dessen Heizelement **78** eine Mischung aus einer Absorptionsflüssigkeit **80** zur Absorption von Energie aus einem elektromagnetischen Wechselfeld und einer Flüssigkeit **82** zur Verdampfung aufweist. Das Funktionsmittel **74** ist wie das Heizelement **78** elastisch und ringförmig um das Heizelement **78** herumgeführt. Ebenfalls möglich sind mehrere getrennte Halteelemente, die das Funktionsmittel bilden.

[0052] Der in [Fig. 9](#) geschnitten dargestellte Aktuator **84** dient zum Ausstoßen einer medizinisch wirksamen Flüssigkeit **86** aus einem Innenhohlraum **88** in die Umgebung **90** des Aktuators **84**. Hierzu umfasst der Aktuator **84** eine als Heizelement dienende Flüssigkeit **92**, die bei Erwärmung zu einem Gas **94** verdampft und einen Stempel **96** verschiebt, der die Flüssigkeit **86** aus dem Innenhohlraum **88** herausdrückt.

[0053] Ein zu einer gezielten Fortbewegung ausgeführter Aktuator **98** ist in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) schematisch gezeigt. Der Aktuator **98** umfasst drei getrennt ansteuerbare Heizelemente **100a-c**, die in einem auf drei Kammern **102a-c** verteilte verdampfbaren Medium liegen. Die Kammern **102a-c** sind durch zwei Verschlüsse **104** gasdicht voneinander getrennt, so dass sie mittels des verdampfbaren Mediums getrennt expandiert werden können. Hierbei sind die beiden äußeren Kammern **102a, 102c** durch zwei Halter **106**, beispielsweise eine durch das Heizelement **100a, 100c** geführte Schraube, in ihrer Ausdehnung in Axialrichtung **108** konstant gehalten. Die mittlere Kammer **102b** ist durch Halteringe **110** in ihrer Ausdehnung quer zur Axialrichtung begrenzt. Während [Fig. 10](#) den Aktuator **98** in entspanntem Zustand, also mit kühlen Heizelementen **100a-c** zeigt, ist in [Fig. 11](#) ein Zustand mit verdampftem Medium und maximal expandierten Kammern **102a-c** gezeigt.

[0054] Eine Fortbewegung des Aktuators **98** durch ein Gefäß **112** ist in [Fig. 12](#) in sieben Schritten dargestellt. Auf der linken Seite von [Fig. 12](#) ist tabellarisch dargestellt, mit welchen Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  das Übertragungsmittel **12** das elektromagnetische Wechselfeld abstrahlt, wobei das Heizelement **100a** Strahlung mit der Frequenz  $f_1$ , das Heizelement **100b** Strahlung mit der Frequenz  $f_2$  und das Heizelement **100c** Strahlung mit der Frequenz  $f_3$  absorbiert, und die Heizelemente **100a-c** Strahlung mit den übrigen beiden Frequenzen  $f_1$ , bzw.  $f_2$  oder  $f_3$  im Wesentlichen unabsorbiert lassen.

[0055] In einem ersten Schritt strahlt das Übertragungsmittel **12** kein elektromagnetisches Wechselfeld ab. Demzufolge sind alle drei Heizelemente **100a-c** kühl, das Medium ist überall entspannt und die Kammern **102a-c** sind unausgedehnt. Im zweiten bis vierten Schritt strahlt das Übertragungsmittel **12** ein elektromagnetisches Wechselfeld zuerst nur mit der Frequenz  $f_1$ , dann mit  $f_1$  und  $f_2$  und schließlich mit allen drei Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  ab. Hierdurch wird zuerst nur das erste Heizelement **102a**, dann zwei Heizelemente **102a, 102b** und dann alle drei Heizelemente **102a-c** erwärmt, wodurch sich der Aktuator **98** im Gefäß **112** verspannt, ausdehnt und dann doppelt verspannt.

[0056] Durch Abschalten der ersten Frequenz  $f_1$  im fünften Schritt gibt das Heizelement **100a** seine Wärme schnell an die Umgebung ab und kühlt schnell ab, wodurch sich die Kammer **102a** entspannt und im sechsten Schritt mittels Entspannung der zweiten Kammer **102b** zur dritten Kammer **102c** gezogen werden kann. Im siebten Schritt wird die Kammer **102a** wieder ausgedehnt zur doppelten Verspannung im Gefäß **112**. Nun beginnt das Bewegungsverfahren wieder mit einem erneuten Zyklus vom zweiten bis zum siebten Schritt, wobei dieser Zyklus zur gezielten und von der Steuereinheit **10** gesteuerten Fortbewegung durch das Gefäß **112** wiederholt werden kann. Auch eine Bewegung durch ein gekrümmtes Gefäß ist problemlos möglich. Hierbei steuert die Steuereinheit die Heizelemente **100a-c** mit jeweils der dem jeweiligen Heizelement **100a-c** zugeordneten Frequenz  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  an.

[0057] Bei allen in den FIG gezeigten Ausführungsbeispielen überwacht die Steuereinheit **10** ein Verhalten der Heizelemente **16a-c, 24a-d, 30, 38, 62, 78, 100a-c** mit Hilfe des Sensors **11** und/oder der Spule. Hierbei dient der Sensor **11** zu einer Größenermittlung des Heizelements **16a-c, 24a-d, 30, 38, 62, 78, 100a-c** bzw. Gasvolumens mittels Ultraschall oder Röntgenstrahlung und/oder zur Ermittlung einer Energieaufnahme des Heizelements **16a-c, 24a-d, 30, 38, 62, 78, 100a-c** über eine Dämpfung des Wechselfelds. Ebenso ist die Steuereinheit **10** dazu ausgelegt, eine Frequenz des Wechselfelds zu variieren und eine Absorption in Abhängigkeit von der Fre-

quenz zu ermitteln. Daraus ergibt sich eine Absorptionsverschiebung, aus der die Steuereinheit **10** mit Hilfe zuvor ermittelter empirischer Daten einen Bewegungs- oder Größenzustand der Heizelemente **16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c** bestimmt. Zur gleichzeitigen unabhängigen Überwachung mehrerer Heizelemente **16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c** umfasst der Sensor **11** mehrere Sensorelemente.

### Patentansprüche

1. Aktuator (**8**, **22a-d**, **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98**) für einen Endoroboter, umfassend ein Funktionsmittel (**18a-c**, **26a-d**, **32**, **44**, **64**, **74**) und ein Energieabsorptionselement zur Aufnahme von Energie aus einem elektromagnetischen Feld, wobei das Energieabsorptionselement ein Heizelement (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**) aufweist und das Funktionsmittel (**18a-c**, **26a-d**, **32**, **44**, **64**, **74**) zur Erfüllung einer Funktion durch Heizungswärme ausgebildet ist, gekennzeichnet durch mehrere Heizelemente (**16a-c**, **100a-c**), die zur unmittelbaren Aufnahme von Energie durch Absorption elektromagnetischer Strahlung aus verschiedenen Absorptionsfrequenzbändern des elektromagnetischen Felds ausgebildet sind.

2. Aktuator (**8**, **22a-d**, **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsmittel (**18a-c**, **26a-d**, **32**, **44**, **64**, **74**) zur Erzeugung einer Bewegung und das Heizelement (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**) zum Aufbringen von für die Bewegung benötigter Kraft ausgebildet ist.

3. Aktuator (**8**, **22a-d**, **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsmittel (**18a-c**, **26a-d**, **32**, **44**, **64**, **74**) in Verbindung mit einer durch eine Erwärmung des Heizelements (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**) hervorgerufene Verformung zum Ausführen einer Arbeitsbewegung vorgesehen ist.

4. Aktuator (**8**, **22a-d**, **36**, **60**, **72**, **84**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (**24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**) zu einer Verformung durch eine Erwärmung ausgebildet ist.

5. Aktuator (**36**, **60**, **72**, **84**, **98**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (**38**, **62**, **78**, **100a-c**) ein zur Aufheizung vorgesehenes Fluid umfasst.

6. Aktuator (**36**, **60**, **72**, **84**, **98**) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid zu einer Verformung des Heizelements (**38**, **62**, **78**, **100a-c**) durch einen Phasenübergang vorgesehen ist.

7. Aktuator (**84**) nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsmittel einen Innenhohlraum (**88**) mit einem Auslass aufweist, wobei das Heizelement dazu vorgesehen ist, mittels einer Größenveränderung einen Stoff aus dem Auslass zu drücken.

8. Endoroboter mit einem Aktuator (**8**, **22a-d**, **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und einer Steuereinheit (**10**) zum Steuern des Aktuators (**8**, **22a-d**, **28**, **36**, **60**, **72**, **84**, **98**).

9. Endoroboter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**10**) zum Ansteuern von mehreren Heizelementen (**16a-c**, **100a-c**) mit jeweils einer dem jeweiligen Heizelement (**16a-c**, **100a-c**) zugeordneten Frequenz ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ) vorgesehen ist, wobei sich die Frequenzen unterscheiden.

10. Endoroboter nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch einen Sensor (**11**) zur Größenermittlung des Heizelements (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**).

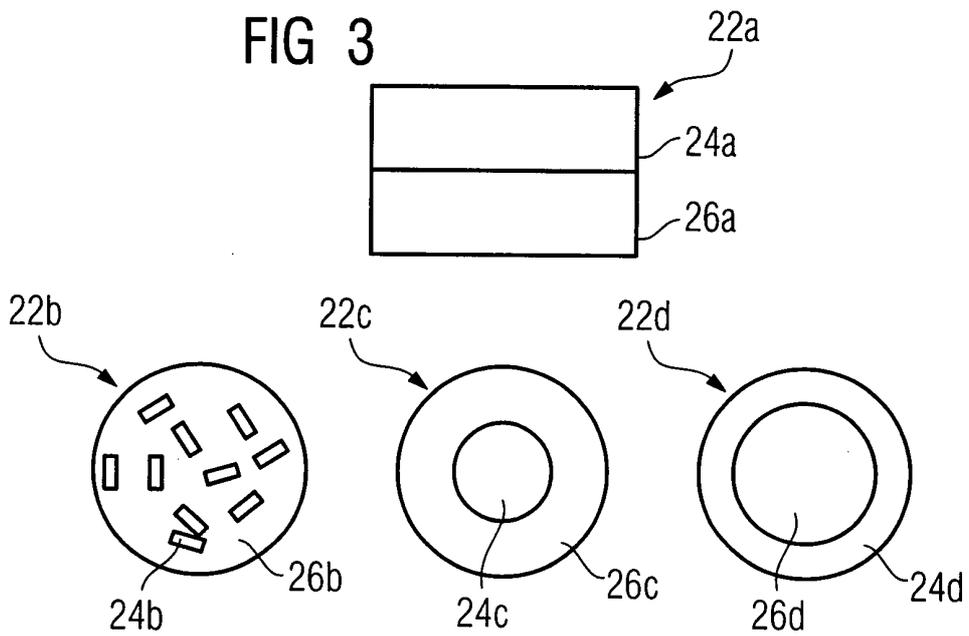
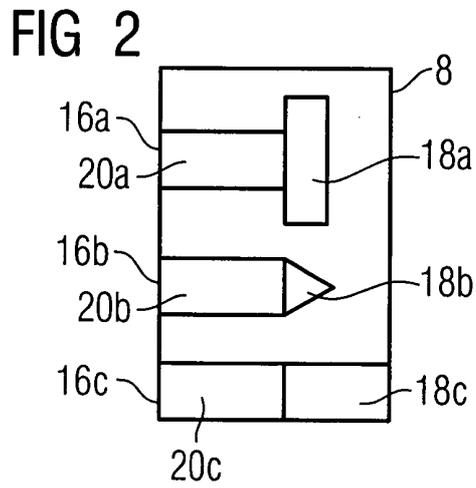
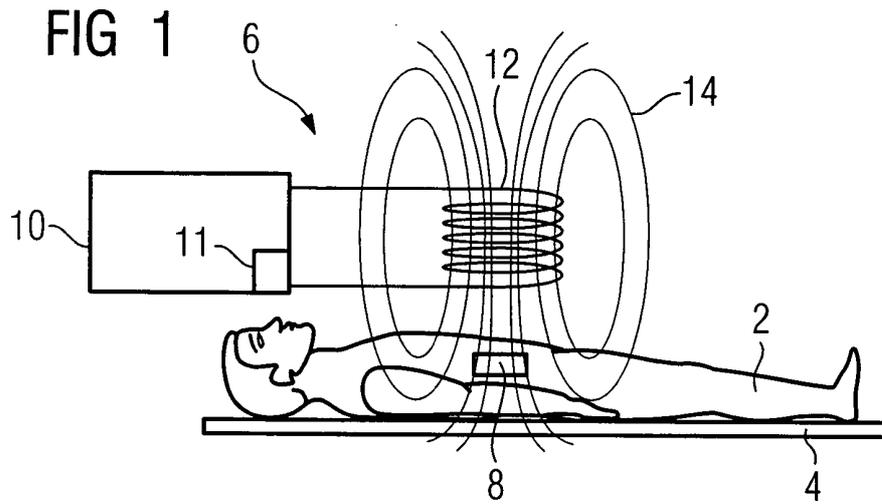
11. Endoroboter nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch einen Sensor (**11**) zur Ermittlung einer Energieaufnahme des Heizelements (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**).

12. Endoroboter nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch einen Sensor (**11**) zur Ermittlung einer Verschiebung eines Absorptionsfrequenzbands durch eine Bewegung des Heizelements (**16a-c**, **24a-d**, **30**, **38**, **62**, **78**, **100a-c**).

13. Endoroboter nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch mehrere Sensoren zur unabhängigen Überwachung mehrerer Heizelemente (**16a-c**, **100a-c**).

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



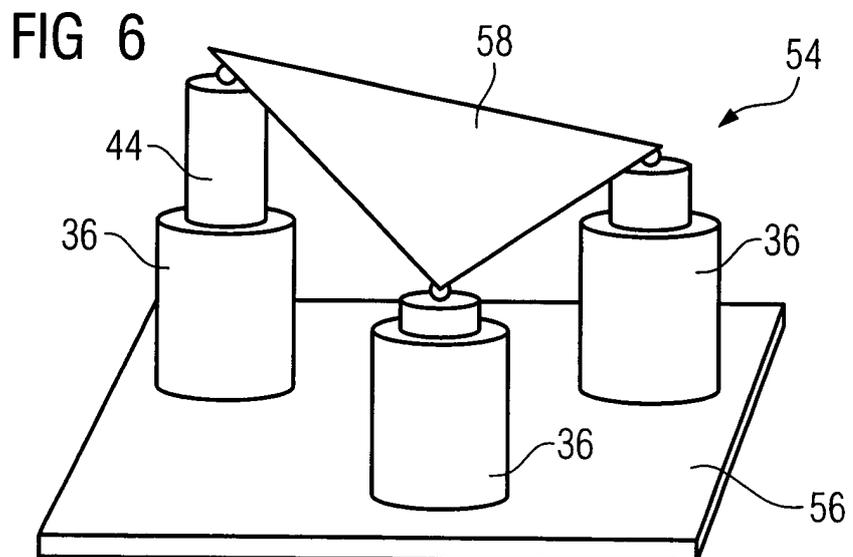
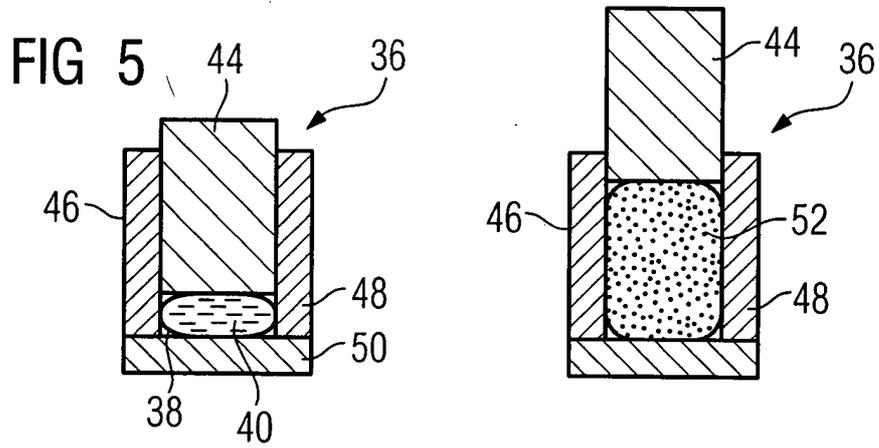
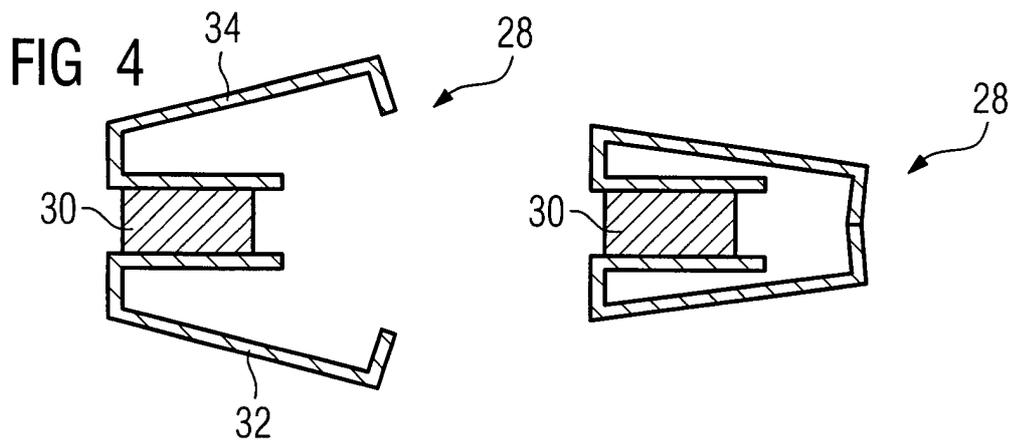


FIG 7

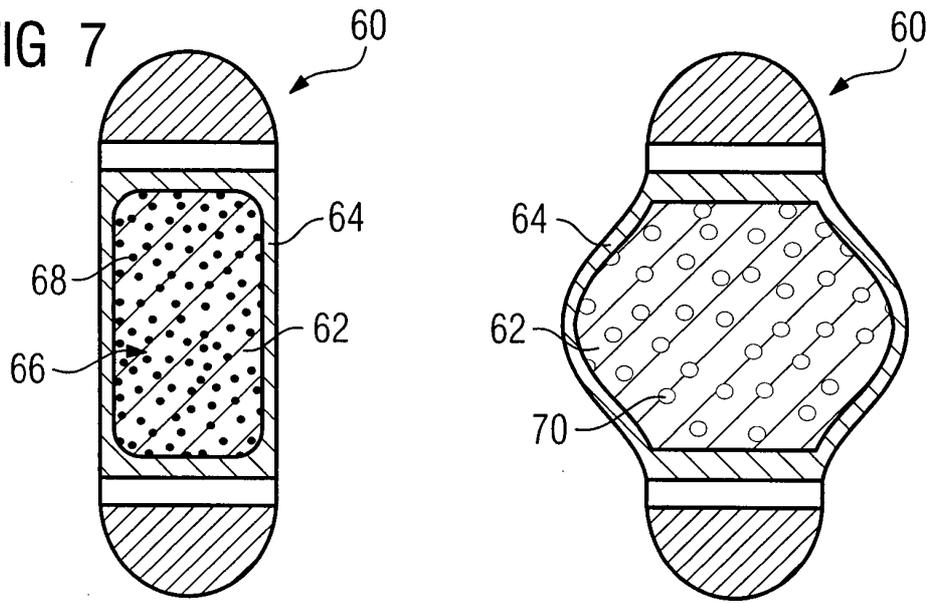


FIG 8

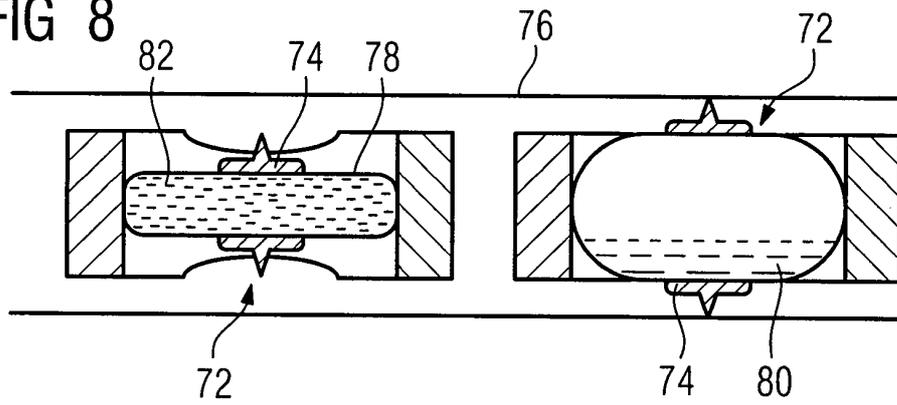


FIG 9

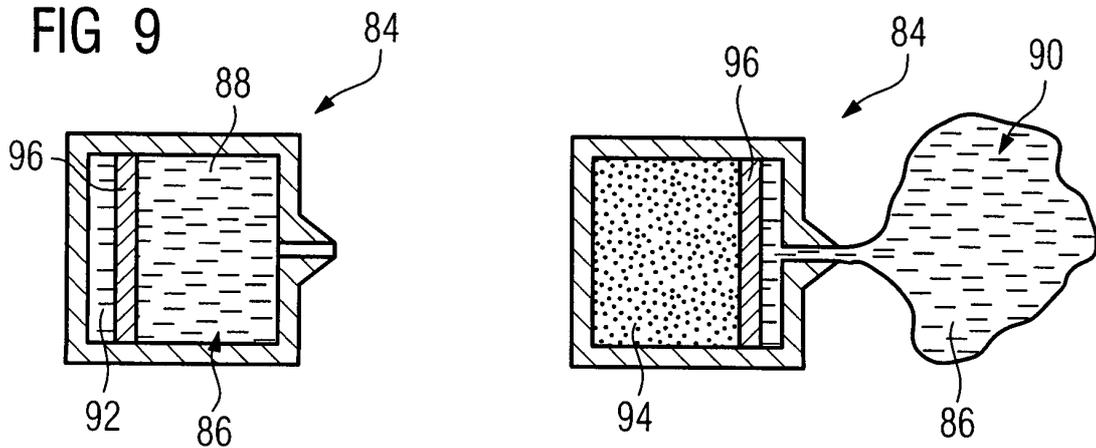


FIG 10

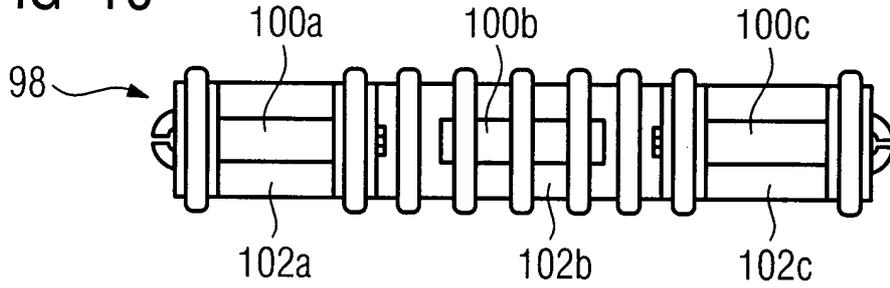


FIG 11

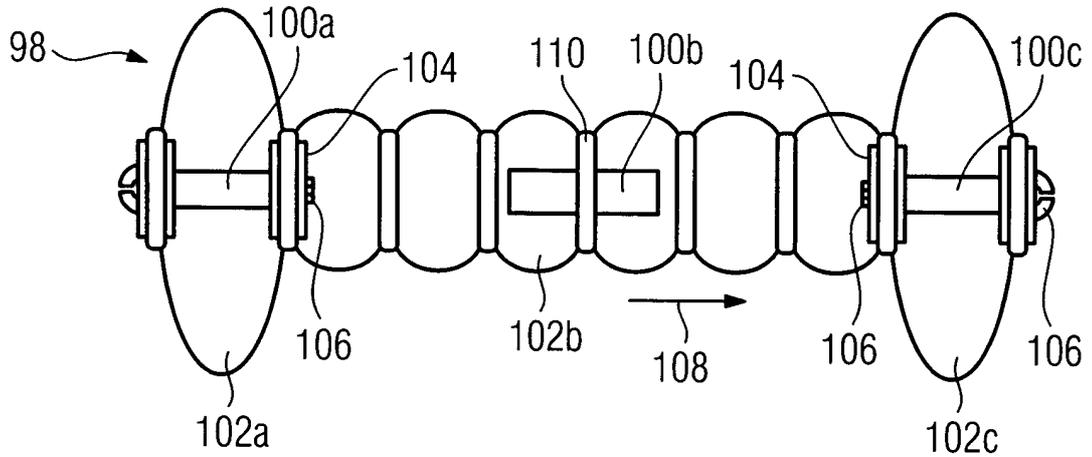


FIG 12

