



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 023 121.7**
(22) Anmeldetag: **19.05.2005**
(43) Offenlegungstag: **23.11.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.10.2010**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 5/055** (2006.01)
G01R 33/48 (2006.01)
A61B 19/00 (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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Dresel, Christian, Dr.med., 92245 Kümmersbruck, DE; Rimpau, Christoph, 34613 Schwalmstadt, DE; Angerer, Tim, Dr., 81249 München, DE; Ceballos-Baumann, Andrés O., Prof. Dr., 80799 München, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	199 41 019	C1
DE	196 27 314	C1
DE	100 63 566	C1
DE	199 05 239	A1
DE	196 19 293	A1
DE	100 58 538	A1
US	2002/01 56 365	A1
US	2002/00 16 544	A1
US	60 37 774	A
US	57 94 621	A
US	56 62 300	A
US	54 43 068	A
WO	99/55 229	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur automatischen Applikation und/oder Stimulation in Magnetresonanztomographen (MRT)**

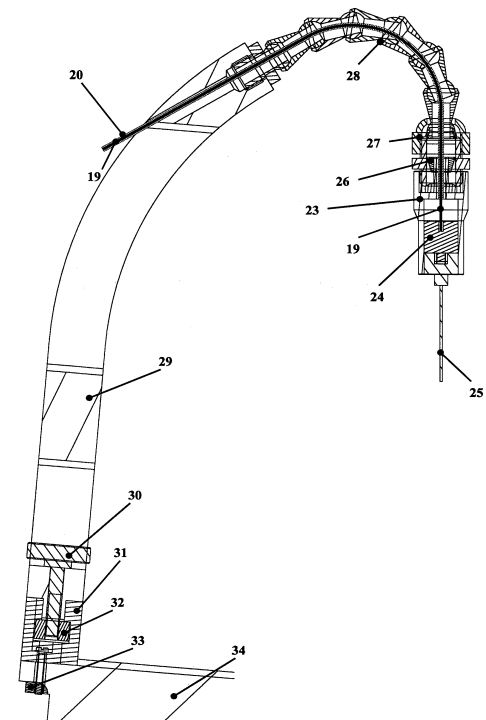
(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur automatischen Applikation und/oder Stimulation in Magnetresonanztomographen (MRT), umfassend mindestens einen Applikator, mindestens eine Positioniereinheit, mindestens einen Mediator, mindestens einen Antrieb und mindestens eine Steuereinheit, dadurch gekennzeichnet, dass

a. die Positioniereinheit mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei gegeneinander bewegliche Glieder umfasst, wobei die Glieder Kugelgelenke bilden, so dass der Applikator mit Hilfe der Positioniereinheit in einer beliebigen Position innerhalb des MRT und in einer beliebigen Position in Bezug auf einen sich im MRT befindlichen Untersuchungsgegenstand positionierbar ist,

b. die Steuereinheit mit Hilfe elektrischer Signale den Antrieb steuert und mit dem Steuerrechner des MRT verbunden ist, so dass die Steuereinheit die zeitliche Abfolge der Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit abhängig vom Zeitpunkt der MR-Messungen steuert und die Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit während der MR-Messungen automatisch erfolgt,

c. der Mediator ein Bowdenzug ist,

d. der Antrieb sich außerhalb des Einschubes...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur automatischen, wiederholbaren und zeitgesteuerten Applikation und/oder Stimulation in Magnetresonanztomographen (MRT), insbesondere in geschlossenen Magnetresonanztomographen mit einem durchgehenden Kanal (Gantry) für eine Untersuchungs- und Liege. Die Magnetresonanztomographie ist ein nichtinvasives bildgebendes radiologisches Verfahren, bei dem Schnittbilder eines Untersuchungsobjektes erstellt werden. Das Untersuchungsobjekt liegt während der Magnetresonanztomographie auf einer Untersuchungs- und Liege innerhalb des MRT. Üblicherweise erfolgt die Applikation eines Stoffes oder die Bewegung und/oder Positionierung eines medizinischen Gerätes, z. B. die Positionierung eines Biopsiewerkzeuges, zwischen den einzelnen MR-Messungen. Die Geschwindigkeit, mit der die Bewegung und/oder Positionierung eines medizinischen Gerätes, beispielsweise eines Biopsiewerkzeuges, erfolgt, ist in der Regel nicht relevant.

[0002] Bei einer besonderen Form der Magnetresonanztomographie, der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), ist es erstrebenswert, eine Applikation und/oder Stimulation gleichzeitig während der MR-Messungen, d. h. während der Aufnahme der MR-Schnittbilder, durchzuführen. Um beispielsweise mit Hilfe der fMRT den Einfluss eines Stoffes, z. B. eines Medikamentes, oder eines äußeren Reizes, z. B. eines Schmerzreizes, auf die Aktivitätsmuster des Gehirns zu untersuchen, erfolgt die Applikation des Stoffes oder Reizes vorzugsweise wiederholt und nach einem vorher festgelegten Schema während der MR-Messung. Um bei der Auswertung die Phasen der Applikation und/oder Stimulation den entsprechenden MR-Schnittbildern zuordnen zu können, ist es erstrebenswert, dass die Applikation und/oder Stimulation in zeitlicher Abhängigkeit von den MR-Messungen durchgeführt wird. Eine Untersuchung kann beispielsweise erfordern, dass mehrere verschiedene Applikationen und/oder Stimulationen unabhängig voneinander an verschiedenen Regionen des Untersuchungsobjektes, insbesondere im Bereich der MRT-Kopfspule, oder innerhalb eines kleinen Zielvolumens durchgeführt werden. Bei derartigen Untersuchungen ist es erstrebenswert, dass die Applikation und/oder Stimulation mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz, vorzugsweise mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz wiederholbar ist. Darüber hinaus ist es erstrebenswert, dass sich das Untersuchungsobjekt, z. B. ein Patient, während der fMRT in einer natürlichen Position und Haltung auf der Untersuchungs- und Liege befindet. Die Bewegung und/oder Positionierung im Rahmen der Applikation und/oder Stimulation während der MR-Messungen darf das Untersuchungsobjekt nicht gefährden und die Aufnahme der MR-Schnittbilder und deren Bildqualität nicht negativ beeinflussen. Für

einen effizienten und ökonomischen Einsatz der Magnetresonanztomographie und der fMRT in der Praxis sind standardisierte, flexible und universell einsetzbare technische Lösungen erstrebenswert.

[0003] In DE 199 05 239 A1 wird eine automatisch steuerbare Positioniereinrichtung für ein medizinisches Werkzeug im MRT beschrieben. Haupteinsatzgebiet dieser Vorrichtung ist die Durchführung MRT-gesteuerter Biopsien, d. h. die MR-Messungen und die Bewegung und/oder Positionierung des Biopsiewerkzeuges erfolgen zeitlich getrennt voneinander. Die Vorrichtung ist mit der Untersuchungs- und Liege verbunden, besitzt eine Patientenauflage und wird in einer bestimmten Position im MRT befestigt. Eine Positionierung des Applikators in einer beliebigen Position innerhalb des MRT einschließlich des Bereiches der MRT-Kopfspule und in einer beliebigen Position in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand ist mit der beschriebenen Vorrichtung nicht möglich. Stattdessen muss ein Untersuchungsgegenstand, in diesem Fall ein Patient, eine bestimmte Position auf der Patientenauflage einnehmen, was beispielsweise die Wahl der Applikations- und/oder Stimulationsorte einschränkt.

[0004] In DE 100 63 566 C1 wird ein Manipulator für MRT-gesteuerte Mamma-Biopsien in geschlossenen Magnetresonanztomographen beschrieben. Ähnlich wie in DE 199 05 239 A1 handelt es sich hierbei um eine Vorrichtung mit einer Auflage für einen Untersuchungsgegenstand und den oben beschriebenen Nachteilen. Der begrenzte Schwenkwinkel des Manipulators lässt keine beliebige Positionierung in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand zu.

[0005] In DE 196 27 314 C1 wird eine Positionier- und Vorrichtung für ein chirurgisches Instrument beschrieben. Die Positionier- und Vorrichtung wird frei auf dem Körper des Patienten gelagert. Wegen einer mangelnden Befestigung ist die Lage der Positionier- und Vorrichtung nicht über den Zeitraum einer kompletten MR-Untersuchung, die länger als eine Stunde dauern kann, konstant. Die Positionierung des chirurgischen Instruments erfolgt manuell. Eine automatische Bewegung des chirurgischen Instrumentes in zeitlicher Abhängigkeit von den MR-Messungen ist mit dieser Vorrichtung nicht möglich.

[0006] In US 5,794,621 wird eine mechanische Vorrichtung (Roboter), bestehend aus einem Aktuator-System, einer mehrteiligen Positionier- und Vorrichtung und einem Endeffektor, innerhalb eines MR-Tomographen beschrieben, mit dessen Hilfe sich ein Endeffektor während der MR-Bildgebung in eine genau definierte Position bewegen lässt. Die relative Position und Bewegung des Endeffektors kann während der Bewegung mittels Sensoren gemessen werden. Die Steuerung der Vorrichtung ist programmierbar und mit dem MR-Steuerrechner verbunden, so dass

diese Bewegung bzw. Positionierung abhängig von der MR-Bildgebung erfolgen kann (Sp. 9, Z. 15–18 bzw. Sp. 15 Z. 50 ff.). Dabei kommt es jedoch nicht auf die Geschwindigkeit der Bewegung oder der Positionierung an.

[0007] Mit Hilfe des Endeffektors kann gemäß US 5,794,621 eine Kraft auf eine bestimmte Körperpartie des Patienten innerhalb des MRT ausgeübt und mit Hilfe von Sensoren gemessen werden (Sp. 9, Z. 2–6). Dazu muss durch das MRT-taugliche Aktuator-System jeweils über einen definierten Zeitraum eine definierte Kraft auf die einzelnen, gegeneinander beweglichen Bestandteile der Positioniereinheit (**Abb. 4–7**) ausgeübt werden. Allerdings wird in US 5,794,621 die Kopfspule, die für die Erstellung von Schnittbildaufnahmen des Kopfes notwendig ist, nicht berücksichtigt. Die Kopfspule schränkt den zur Verfügung stehenden Raum ein. Zudem erlaubt die Verwendung von rotatorischen Achsen in einer beschriebenen Ausführungsform (Sp. 10 Z. 58 ff.) nur eine begrenzte Anzahl an mechanischen Freiheitsgraden. Dadurch sind mit der in US 5,794,621 beschriebenen Vorrichtung (**Abb. 2B + C, 4, 5, 7B + C**) bestimmte Stellen innerhalb der MRT-Gantry, insbesondere innerhalb der Kopfspule, durch den Endeffektor nicht erreichbar.

[0008] Alternativ wird in US 5,794,621 vorgeschlagen, die Kraft von einem Antrieb (z. B. Hydraulikzylinder) beispielsweise mittels Kabelzugsystem (Sp. 7 Z. 19 ff.) auf die einzelnen Teile der Positioniervorrichtung (**Abb. 2, 4, 5**) zu übertragen (Sp. 11 Z. 13 ff.). Aber auch diese technische Realisierung benötigt zusätzlichen Raum. Beispielsweise ist aus US 5,794,621 nicht ersichtlich, wie ein solches System aus Antrieb und Kabelzug (**Abb. 7B + C**) in der Nähe der Kopfspule eingesetzt werden kann. Die zeitlichen Latenzen aufgrund der Massenträgheit und des mechanischen Spiels der zusammenwirkenden Komponenten eines derartigen Systems sind nicht mehr vernachlässigbar. Sie begrenzen die maximal erreichbare Wiederholungsfrequenz einer Bewegung des Endeffektors. Eine Vorrichtung gemäß US 5,794,621 ist somit nicht geeignet, eine Bewegung des Endeffektors relativ zu einer beliebigen Körperregion des Patienten mit einer Frequenz von 1 Hz, vorzugsweise mit einer Frequenz von 10 Hz, wiederholt zum Zwecke einer gleichförmigen Stimulation auszuüben.

[0009] US 5,662,300 beschreibt eine Vorrichtung, bei der mit Hilfe eines Schwanenhalses ein Instrument, insbesondere ein chirurgisches Instrument, in einer bestimmten Position gehalten wird. Diese Vorrichtung ist nicht in der Lage, das entsprechende Instrument zu bewegen.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung bereitzustellen, die sich für eine automatische, wiederholbare und

zeitgesteuerte Applikation und/oder Stimulation während der Aufnahme der MR-Schnittbilder im Rahmen der Magnetresonanztomographie, insbesondere im Rahmen der funktionellen Magnetresonanztomographie eignet. Insbesondere ist es Ziel der Vorrichtung, eine Applikation und/oder Stimulation in einer beliebigen Position innerhalb des MRT einschließlich des Bereiches der MRT-Messspule und in einer beliebigen Position in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz wiederholbar in zeitlicher Abhängigkeit von den MR-Messungen automatisch und mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 20 ms durchzuführen.

[0011] Die Aufgabe wird durch eine in Patentanspruch 1 beschriebene Vorrichtung gelöst. Die weiteren Ansprüche geben bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung an. Die Vorrichtung ist vorzugsweise für die fMRT geeignet.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann der Applikator ohne Einschränkung in einer beliebigen Position innerhalb des MRT, beispielsweise im Bereich der maximalen Magnetfeldstärke oder der MRT-Messspule, positioniert werden. Eine beliebige Positionierung des Applikators im MRT wird vorzugsweise durch die Verwendung nichtmagnetischer Materialien innerhalb des MRT und die räumliche Trennung von Applikator und Antrieb durch einen Mediator erreicht, wobei sich der Antrieb vorzugsweise außerhalb der Gantry des MRT befindet. Durch die Verwendung nichtmagnetischer Materialien innerhalb des MRT und die räumliche Trennung von Applikator und Antrieb durch einen Mediator werden Bildstörungen durch einen Betrieb der Vorrichtung während der MR-Messungen vermieden und das Risiko einer Gefährdung des Untersuchungsgegenstandes minimiert. Da sich der Antrieb vorzugsweise außerhalb der Gantry des MRT befindet, sind die Laufgeräusche des Antriebs weit vom Untersuchungsgegenstand entfernt und stören die MR-Messungen nicht, was insbesondere bei der fMRT erstrebenswert ist.

[0013] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind die Steuereinheit und der Steuerrechner des MRT miteinander verbunden und tauschen vorzugsweise elektrische oder optische Signale aus, welche den Zeitpunkt der MR-Messungen mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 10 ms definieren. Die Steuereinheit kann aufgrund der Verbindung zum Steuerrechner des MRT die Applikation und/oder Stimulation in zeitlicher Abhängigkeit von den MR-Messungen steuern.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung steuert die Steuereinheit mit Hilfe eines vorzugsweise elektrischen Signals ein Magnetventil. Das Magnetventil treibt einen vorzugsweise doppeltwirkenden pneumatischen Hubzylinder an, der mit ei-

nem Druckluftreservoir verbunden ist. Der doppelwirkende pneumatische Hubzylinder positioniert und/oder bewegt mit Hilfe eines Mediators den Applikator und/oder die Positioniereinheit mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 10 ms. Durch die Verwendung eines Magnetventils und eines vorzugsweise doppelwirkenden pneumatischen Hubzylinders kann die Applikation und/oder Stimulation mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz, beispielsweise mit einer Frequenz von 10 Hz, wiederholt werden.

[0015] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird die Steuereinheit vor Beginn der MR-Messungen programmiert. Während der MR-Messungen bewegt und/oder positioniert die Steuereinheit den Applikator und/oder die Positioniereinheit mit einer beliebigen, vorher definierten und vorzugsweise veränderbaren Dauer, zeitlichen Abfolge und Frequenz. Die Steuereinheit kann somit Applikationen und/oder Stimulationen wiederholt und automatisch durchführen. Die Steuereinheit ermöglicht beispielsweise verschiedene zeitliche Abfolgen der Applikation und/oder Stimulation (z. B. Einzelapplikation und/oder Einzelstimulation beliebiger Dauer, Vibrationsstimulation mit 20 Hz).

[0016] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können durch die Verwendung mehrerer, unabhängig voneinander steuerbarer Applikatoren unterschiedliche oder gleiche Applikationen und/oder Stimulationen in verschiedenen Regionen des Untersuchungsgegenstandes oder innerhalb eines kleinen Zielvolumens während der MR-Messungen mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 20 ms durchgeführt werden.

[0017] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung können durch die Wahl geeigneter Applikatoren verschiedene Dinge oder Reize innerhalb des MRT automatisch und zeitgesteuert appliziert werden.

[0018] Eine erfindungsgemäße Ausführungsform wird im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0019] **Fig. 1** zeigt den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Steuereinheit außerhalb des Tomographenraums, einem Gehäuse **7** für die Antriebe außerhalb der Gantry des MRT **5** im Tomographenraum, einem Mediator **8** sowie einer Positioniereinheit **9** und einem Applikator **25** innerhalb des MRT **5**. Beispielfhaft wird ein geschlossenes MRT **5** mit einem Magnettunnel, in den die Untersuchungs-liege **34** eingeschoben werden kann, gezeigt.

[0020] **Fig. 2** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Antriebe, wobei die Antriebe mehrere Magnetventile **10** und mehrere doppelwirkende pneumatische Hubzylinder **14** umfassen. Der rechte Teil der

Abbildung zeigt ein Gehäuse **7**, in dem sich die Antriebe befinden. Die Druckluftzufuhr der Magnetventile **10** und die Restluftabfuhr kann beispielsweise über einen gemeinsamen Ventilträger **11** erfolgen, der einen Druckluftanschluss **22** für ein Druckluftreservoir besitzen kann. Ein Magnetventil **10** kann beispielsweise zwei getrennte Druckluftverbindungen **15** zu einem doppelwirkenden pneumatischen Hubzylinder **14** besitzen. Der linke Teil der Abbildung zeigt einen Querschnitt durch einen doppelwirkenden pneumatischen Hubzylinder **14** mit zwei getrennten Druckluftanschlüssen **16** für den Vor- und Rücktrieb. Die Hubstange **13** eines doppelwirkenden Hubzylinders **14** ist beispielsweise über eine Bowdenzugkupplung **17** lösbar mit der inneren Ader des Bowdenzugs **19** verbunden. Der Bowdenzugmantel **20** ist vorzugsweise über eine lösbare Befestigung **21** mit einer Befestigungsplatte **18** verbunden.

[0021] **Fig. 3** zeigt den Querschnitt einer Positioniereinheit **9** mit daran befestigtem Applikator **25** und beispielhafter Befestigung an der Untersuchungs-liege **34** des MRT **5**.

[0022] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst die Steuereinheit wie in **Fig. 1** dargestellt einen Steuerrechner **1**, beispielsweise einen handelsüblichen Personal Computer (PC), und einen Signalwandler **2**. Durch die bevorzugte Lage der Steuereinheit außerhalb des elektromagnetisch abgeschirmten Tomographenraums wird der Betrieb der Steuereinheit nicht durch die MR-Messungen gestört (und umgekehrt) und eine mögliche Gefährdung des Untersuchungsobjektes oder MR-Bildstörungen, sog. Artefakte, durch die elektronischen Schaltungen der Steuereinheit werden vermieden. Alternativ kann die Steuereinheit im Tomographenraum außerhalb des wirksamen homogenen Magnetfeldes des MRT **5** positioniert werden. Die Steuereinheit empfängt beispielsweise über ein Synchronisationskabel **3** vorzugsweise elektrische oder optische Signale des MR-Tomographen **5**, um die Antriebe mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 10 ms abhängig von den MR-Messungen zu steuern. Der zeitliche Ablauf der Applikationen und/oder Stimulationen kann bereits vor Beginn der MR-Messungen programmiert und während der MR-Messungen automatisch von der Steuereinheit gesteuert werden. Die Steuereinheit ermöglicht eine Ansteuerung von mehreren unabhängigen Antrieben mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 20 ms. Mehrere unabhängige vorzugsweise elektrische Signale, z. B. TTL-Pulse mit definiertem Beginn und Länge, können über das Steuersignalkabel **6** vom Steuerrechner **1** an den Signalwandler **2** der Steuereinheit übermittelt und vom Signalwandler **2** verarbeitet werden. Durch die Steuereinheit kann die Applikation und/oder Stimulation kontrolliert und wiederholt mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz, vorzugsweise mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz erfolgen. Derartige Frequen-

zen können mit einem erfindungsgemäßen Antrieb erreicht werden.

[0023] Der Signalwandler **2** transformiert die Steuersignale des Steuerrechners **1** in Schaltsignale, beispielsweise elektrische 24 V-Signale, die vorzugsweise über ein elektromagnetisch abgeschirmtes Antriebssteuerkabel **4** zu den Antrieben weitergeleitet werden. Die Antriebe befinden sich vorzugsweise in einem geerdeten und elektromagnetisch abgeschirmten Gehäuse **7** innerhalb des Tomographenraums. Das geerdete Gehäuse **7** der Antriebe aus vorzugsweise Aluminium wirkt als Faradayscher Käfig und schirmt die Einflüsse des MR-Tomographen **5** auf die Antriebe und umgekehrt ab. Das Gehäuse **7** der Antriebe ist vorzugsweise in einiger Distanz von der Gantry des MRT **5** an einer beliebigen Stelle im Tomographenraum aufgestellt.

[0024] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfassen die Antriebe vorzugsweise Magnetventile **10** und vorzugsweise doppeltwirkende pneumatische Hubzylinder **14**. Die Magnetventile **10** werden vorzugsweise von den Schaltsignalen der Steuereinheit mit einer zeitlichen Latenz von weniger als 10 ms geschaltet. Ein Magnetventil **10** steuert vorzugsweise einen doppeltwirkenden pneumatischen Hubzylinder **14**, der mit einer zeitlichen Latenz von weniger als 10 ms eine Translationsbewegung ausführen kann. Die Steuereinheit kann mit Hilfe eines Magnetventils **10** und eines doppeltwirkenden Hubzylinder **14** einen Applikator **25** mit einer zeitlichen Latenz von weniger als 20 ms positionieren und/oder bewegen. Statt eines doppeltwirkenden pneumatischen Hubzylinders **14** kann beispielsweise auch ein einfachwirkender Hubzylinder mit Federspeicher verwendet werden. Es ist dabei wünschenswert, die bei einfachwirkenden Hubzylindern oftmals verwendete ferromagnetische Rückstellfeder, die im MRT zu Magnetfeld- und Bildstörungen führen kann, durch ein nichtmagnetisches Material zu ersetzen. Antriebe im Sinne der Erfindung können auch pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch betriebene Dreh-, Kolben-, Kurbel-, Pumpen-, Riemen-, Schneckenrad-, Spindel- oder Zahnstangenantriebe sowie Piezoantriebe sein. Ein bevorzugter Antrieb aus Magnetventil **10** und doppeltwirkendem pneumatischen Hubzylinder **14** kann Frequenzen von beispielsweise über 10 Hz erreichen. Hubzylinder **14** und Magnetventile **10** sind vorzugsweise auf einem gemeinsamen Träger montiert, der vorzugsweise akustisch entkoppelt und schwingungsgedämpft in einem Gehäuse **7** untergebracht ist und somit keine störenden Brummfrequenzen verursacht. Schalldämpfer **12** und akustische Dämmmaterialien können das Laufgeräusch der Hubzylinder **14** und Magnetventile **10** reduzieren. Leitfähige Bauteile sind typischerweise geerdet. Die Translationsbewegung eines Hubzylinders **14** wird vorzugsweise über eine direkte mechanische Verbindung in Form eines Mediators **8** auf den Applikator **25** übertragen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein nicht-magnetischer Bowdenzug als Mediator **8** verwendet. Ein Bowdenzug benötigt keine zusätzlichen beweglichen mechanischen Elemente, die das mechanische Spiel und die zeitliche Latenz der Bewegung des Mediators **8** erhöhen. Die innere Ader des Bowdenzugs **19** überträgt die Kraft des Antriebs auf den Applikator **25**. Mediator **8** im Sinne der Erfindung kann auch ein hydraulisches, elektrisches oder pneumatisches System, eine Hebelvorrichtung, ein Teleskoparm, eine Feder, eine Kardanwelle oder ein Seilzug sein.

[0025] Der Mediator **8** verläuft vorzugsweise innerhalb einer Positioniereinheit **9**. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst die Positioniereinheit **9** wie in [Fig. 3](#) abgebildet einen Schwanenhals **28** aus Kunststoff. Der Schwanenhals **28** umfasst mindestens zwei Schwanenhalselemente, die mit einer Kugelpresspassung (Kugelgelenk) miteinander verbunden sind und eine gute Verstellmöglichkeit bei gleichzeitiger mechanischer Steifigkeit bieten. Alternativ zum Schwanenhals **28** lassen sich beispielsweise mehrgelenkige Positionierarme verwenden. Am applikatornahen Ende des Schwanenhalses **28** ist beispielsweise eine Führungshülse **23** über einen Schwanenhalsanschluss **27** befestigt. In der Führungshülse **23** befindet sich beispielsweise ein beweglich gelagerter Kolben **24**, der durch die innere Bowdenzugader **19** translatorisch angetrieben wird. Um eine Translationsbewegung zwischen Bowdenzugmantel **20** und innerer Bowdenzugader **19** zu ermöglichen, ist der Bowdenzugmantel **20** mit einer Befestigung **26** beispielsweise lösbar mit der Führungshülse **23** verbunden. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel enthält der Kolben **24** ein Gewinde, auf das der Applikator **25** aufgeschraubt wird und das auf diese Weise einen einfachen Wechsel des Applikators **25** ermöglicht.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Positioniereinheit **9** einen Haltearm **29**. Der Schwanenhals **28** kann vorzugsweise lösbar am Haltearm **29** der Positioniereinheit **9** angeschraubt sein.

[0027] Der Haltearm **29** kann für eine genaue Positionierung beispielsweise über eine reibschlüssige und vorzugsweise lösbare Verbindung auf einer Schiene **31** mit Hilfe einer Klemmschraube **30** und einer Klemmplatte **32** manuell fixiert werden. Die Schiene **31** ist beispielsweise mit Hilfe einer Unterschiene **33**, die als Gegenlager dient, über eine Schraubverbindung an der Untersuchungsfläche **34** des MR-Tomographen **5** lösbar befestigt. Der Haltearm **29** zeichnet sich durch eine hohe Steifigkeit und Dämpfung aus, um die exakte Position der Positioniereinheit **9** für den Zeitraum der MR-Messungen aufrechtzuerhalten. Aufgrund des modularen Aufbaus können sich die verschiedenen Funktionseinheiten der Vorrichtung, d. h. Applikator **25**, Positioniereinheit **9**, Mediator **8**, Antrieb und Steuereinheit,

getrennt voneinander oder gruppiert in bestimmten Funktionseinheiten an verschiedenen Stellen im MR-Tomographen **5** befinden. Aufgrund der vorzugsweise lösbaren Verbindungen lassen sich die einzelnen Komponenten der erfindungsgemäßen Vorrichtung getrennt voneinander austauschen oder demonstrieren. Die gesamte erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich mit wenigen Handgriffen auf- und abbauen, was im klinischen Routinebetrieb von großem Vorteil ist.

[0028] Innerhalb des MRT **5** werden vorzugsweise nichtmagnetische Materialien verwendet, so dass der Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung keine Bildveränderungen durch ein geändertes Signal-Rausch-Verhalten oder Bildartefakte während der MR-Messungen hervorruft. Nichtmagnetische Materialien sind beispielsweise a) Kunststoffe wie z. B. PET, PTFE oder Plexiglas oder Faserverbundwerkstoffe wie z. B. Glasfaserkunststoff, b) Metalle oder Metalllegierungen mit niedriger magnetischer Suszeptibilität wie z. B. Aluminium, Titan, Gold, c) Gläser oder silikonhaltige Materialien d) keramische Werkstoffe wie z. B. Aluminiumoxid oder e) Holz oder Holzverbundwerkstoffe. Mit Ausnahme der unter b) genannten Metalle und Metalllegierungen sind diese Materialien nicht elektrisch leitfähig und können in einer beliebigen Position im MRT **5** einschließlich des Bereiches der MRT-Messspule während der MR-Messungen eingesetzt werden.

[0029] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein von Frey-Haar als Applikator **25** verwendet, das auf den beweglichen Kolben **24** aufgeschraubt werden kann. Von Frey-Haare sind Plexiglashaare unterschiedlicher Stärke, die eine normierte und punktuelle Berührungstimulation erlauben. Alternativ können an dem Kolben **24** andere Applikatoren **25** befestigt werden. Die vorzugsweise lösbar ausgeführte Schraubverbindung ermöglicht einen schnellen Wechsel des Applikators **25**. Applikatoren **25** im Sinne der Erfindung können medizinische Instrumente oder Vorrichtungen sein, die sich für das Einbringen fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe, beispielsweise von Nährstoffen, Wirklösungen, Kontrastmitteln, Medikamenten, Markern oder radioaktiven Substanzen, eignen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich zur automatischen, wiederholbaren und zeitgesteuerten Applikation verschiedener Stoffe, Materialien oder Stimuli verschiedener Art (Berührung, Schmerz, Temperatur, etc.) einsetzen.

[0030] Darüber hinaus erlaubt die Erfindung eine kompakte Anordnung mehrerer Applikatoren **25** und Positioniereinheiten **9** innerhalb des MRT **5**. In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, das nicht in einer Zeichnung dargestellt ist, können zwei oder mehrere Applikatoren **25** mit Hilfe von zwei oder mehreren Positioniereinheiten **9** auf das gleiche Zielvolumen von kleiner als 1 cm^3 positioniert und unab-

hängig voneinander gesteuert werden.

Bezugszeichenliste

1	Steuerrechner, PC
2	Signalwandler
3	Synchronisationskabel
4	Antriebssteuerkabel
5	Magnetresonanztomograph (MRT)
6	Steuersignalkabel
7	Gehäuse mit Antrieben
8	Mediator
9	Positioniereinheit
10	Magnetventil
11	Ventilträger
12	Schalldämpfer
13	Hubstange
14	Doppeltwirkender pneumatischer Hubzylinder
15	Druckluftverbindungen
16	Druckluftanschlüsse des Hubzylinders
17	Bowdenzugkupplung
18	Befestigungsplatte
19	Innere Bowdenzugader
20	Bowdenzugmantel
21	Proximale Befestigung des Bowdenzugmantels
22	Druckluftanschluss des Ventilträgers
23	Führungshülse
24	Kolben
25	Applikator
26	Distale Befestigung des Bowdenzugmantels
27	Schwannenhalsanschluss
28	Schwannenhals
29	Haltearm
30	Klemmschraube
31	Schiene
32	Klemmplatte
33	Unterschiene
34	Untersuchungsliege des MRT

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur automatischen Applikation und/oder Stimulation in Magnetresonanztomographen (MRT), umfassend mindestens einen Applikator, mindestens eine Positioniereinheit, mindestens einen Mediator, mindestens einen Antrieb und mindestens eine Steuereinheit, **dadurch gekennzeichnet**, dass

a. die Positioniereinheit mindestens zwei, vorzugsweise mindestens drei gegeneinander bewegliche Glieder umfasst, wobei die Glieder Kugelgelenke bilden, so dass der Applikator mit Hilfe der Positioniereinheit in einer beliebigen Position innerhalb des MRT und in einer beliebigen Position in Bezug auf einen sich im MRT befindlichen Untersuchungsgegenstand positionierbar ist,

b. die Steuereinheit mit Hilfe elektrischer Signale den Antrieb steuert und mit dem Steuerrechner des MRT verbunden ist, so dass die Steuereinheit die zeitliche

Abfolge der Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit abhängig vom Zeitpunkt der MR-Messungen steuert und die Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit während der MR-Messungen automatisch erfolgt,

c. der Mediator ein Bowdenzug ist,

d. der Antrieb sich außerhalb des Einschubes für die Untersuchungsliege (Gantry) des MRT befindet,

e. der Antrieb ein kolbengestützter Antrieb ist,

f. der Antrieb mindestens ein Magnetventil umfasst und

g. der Antrieb durch den Mediator auf den Applikator und/oder die Positioniereinheit einwirkt mit der Folge, dass

h. die Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz, vorzugsweise mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz wiederholbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator und/oder die Positioniereinheit und/oder der Mediator und/oder Bauteile, die diese Elemente verbinden, aus nichtmagnetischen Materialien bestehen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator und/oder die Positioniereinheit und/oder der Mediator und/oder Bauteile, die diese Elemente verbinden, aus nichtmagnetischen und nicht elektrisch leitfähigen Materialien bestehen.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit die Positionierung und/oder Bewegung des Applikators und/oder der Positioniereinheit mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 20 ms steuert.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb mindestens einen doppeltwirkenden Hubzylinder umfasst.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb mindestens einen doppeltwirkenden Hubzylinder umfasst, der das elektrische Signal der Steuereinheit mit einer zeitlichen Latenz von weniger als 10 ms in eine Translationsbewegung transformieren.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb einen einfach wirkenden Hubzylinder mit Federspeicher umfasst.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb einen pneumatisch, elektrisch und/oder hydraulisch betrie-

benen kolbengestützten Antrieb umfasst.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens zwei Applikatoren und/oder mindestens zwei Positioniereinheiten umfasst, die mit einer zeitlichen Ungenauigkeit von weniger als 20 ms unabhängig voneinander steuerbar sind.

10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens zwei Applikatoren umfasst, die auf das gleiche Zielvolumen von kleiner als 1 cm³ an einer beliebigen Stelle innerhalb des MRT positionierbar sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator ein Instrument oder ein Werkzeug oder ein Teil eines Instruments oder Werkzeugs ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator eine Vorrichtung zum Auslösen von Reizen ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator mindestens einen Stempel, Hebel oder Kolben umfasst.

14. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator eine Vorrichtung zur Applikation von Schmerz, Vibration, Berührung, Druck und/oder Temperatur ist.

15. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Applikator ein von Frey-Haar ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniereinheit ein Schwanenhals ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Mediator aus nichtmagnetischem Kunststoff ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

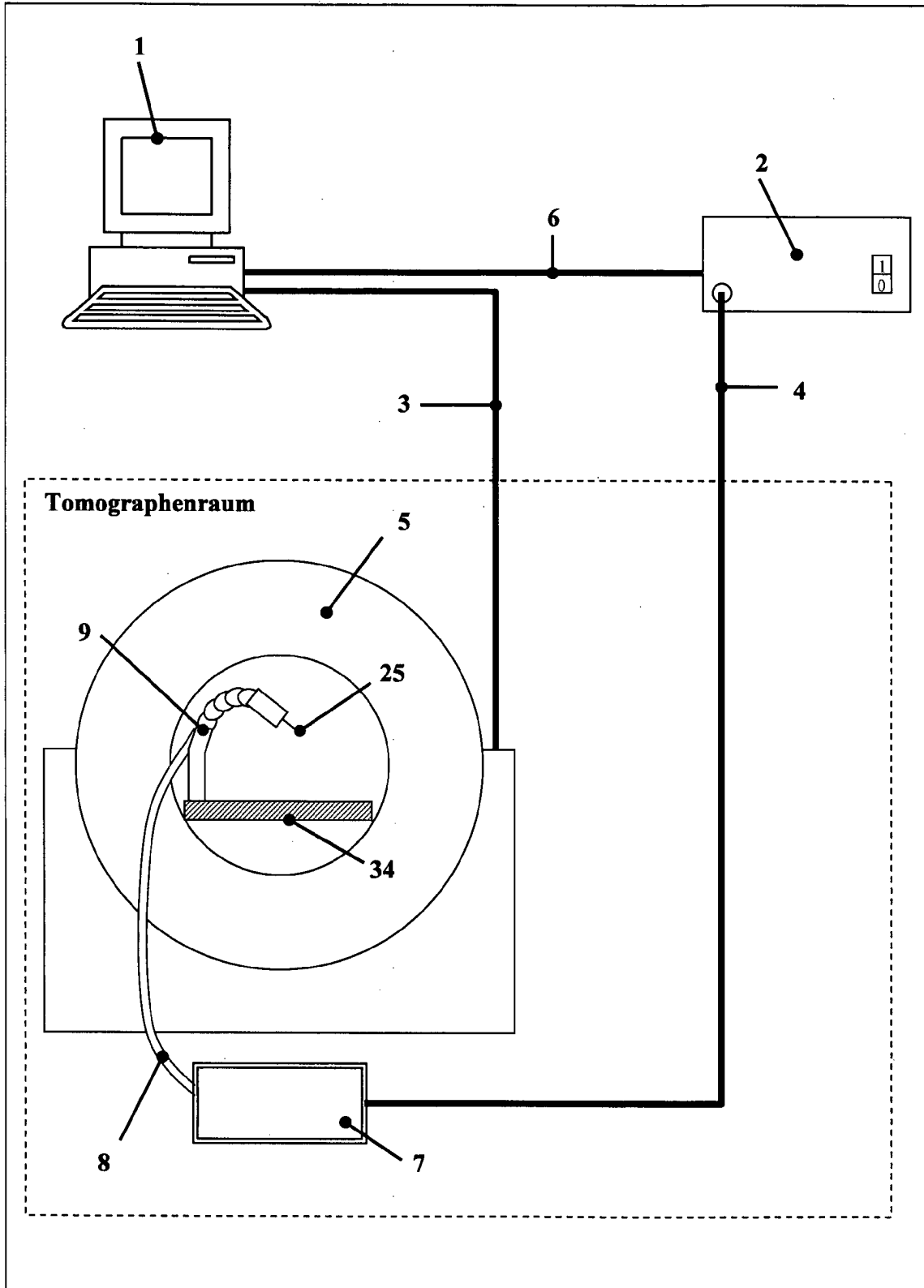


Fig. 2

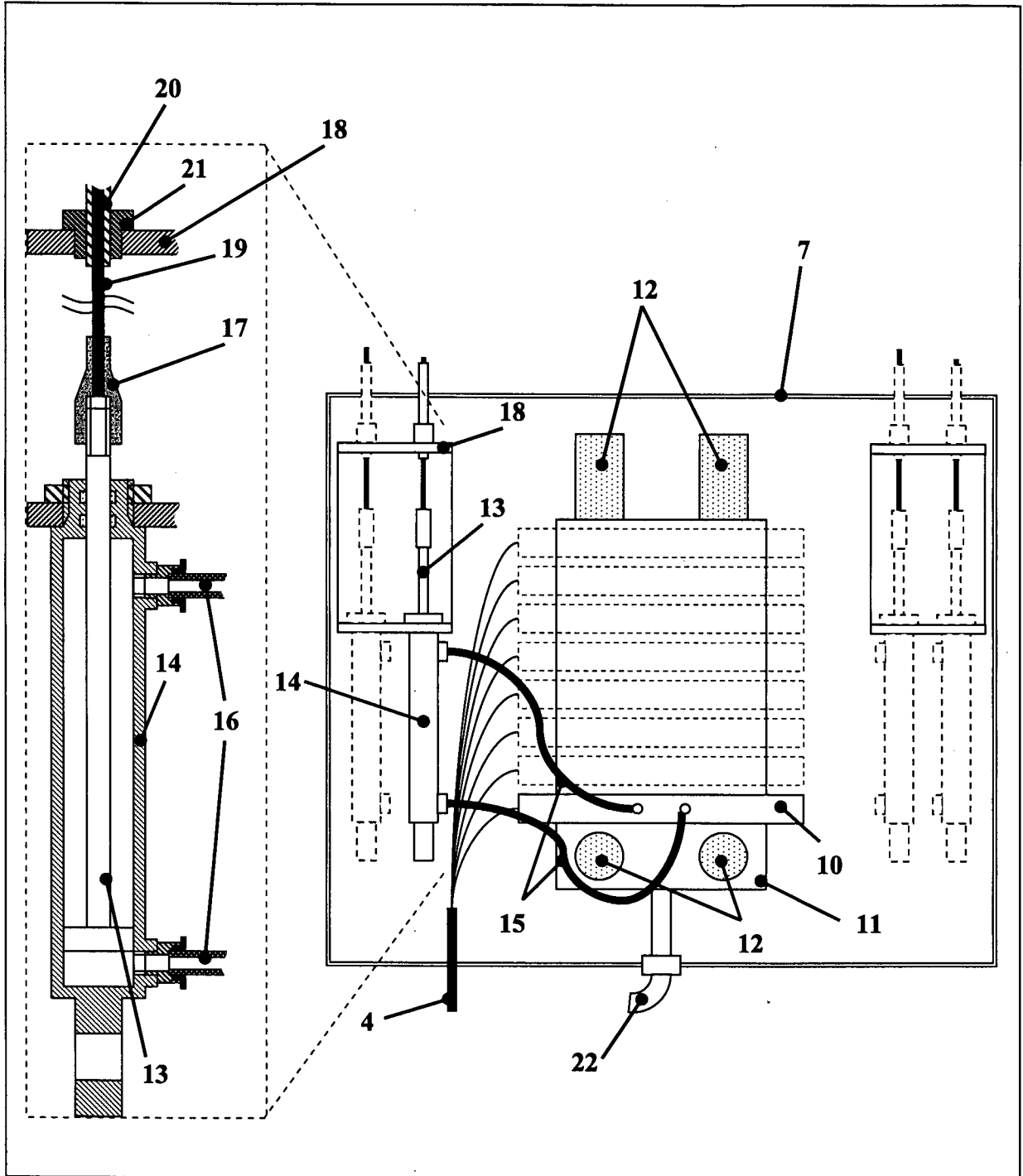


Fig. 3

