



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 03 964 A1** 2004.08.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 03 964.3**  
(22) Anmeldetag: **31.01.2003**  
(43) Offenlegungstag: **19.08.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 17/16**  
**G01R 27/00, G01B 21/18**

(71) Anmelder:  
**Oettinger, Wolfgang, Prof. Dr., 54317 Korlingen,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Oettinger, Wolfgang, Prof. Dr., 54317 Korlingen,  
DE; Parak, Wolfgang J., 85221 Dachau, DE**

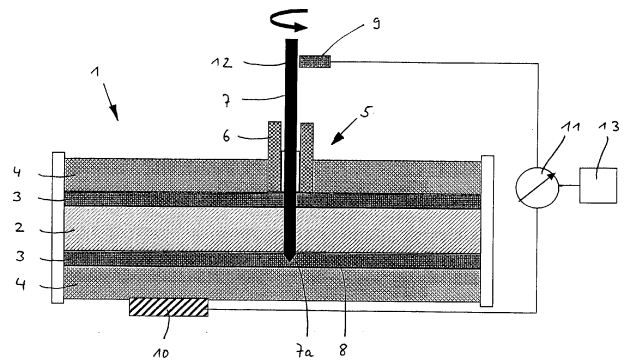
(74) Vertreter:  
**Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667  
München**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Medizinische Bohrvorrichtung und medizinisches Bohrverfahren**

(57) Zusammenfassung: Eine medizinische Bohrvorrichtung zum Bohren von menschlichem oder tierischem Gewebe weist eine mit einem Bohrer (7) in elektrischem Kontakt stehende Bohrelektrode (9) und eine Gegenelektrode (10) auf. Die beiden Elektroden (9, 10) werden durch eine Widerstandsmesseinrichtung (11) derart beaufschlagt, dass der elektrische Widerstand, vorzugsweise die Impedanz, des zwischen dem Bohrer (7) und der Gegenelektrode (10) befindlichen Gewebes (2, 3, 4) messbar ist. Über eine Anzeigeeinrichtung (13) erhält der Operateur Informationen über den Typ des zum jeweiligen Zeitpunkt gebohrten Gewebes und über die Bohrungstiefe.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine medizinische Bohrvorrichtung und ein Bohrverfahren zum Bohren von menschlichem oder tierischem Gewebe, mit einem Bohrantrieb zum drehenden Antreiben eines elektrisch leitenden Bohrwerkzeugs.

[0002] In der Unfallchirurgie und Orthopädie müssen bei wiederherstellenden Operationen nach Knochenbrüchen Bohrungen durch den Knochen vorgenommen werden, in die in der Regel Schrauben eingesetzt werden, deren Länge sehr präzise, auf den Millimeter genau festgelegt ist. Um die erforderliche Schraubenlänge bestimmen zu können, muss die Länge bzw. Tiefe der im Knochen erzeugten Bohrung gemessen werden, was üblicherweise unter Zuhilfenahme von Schublehren erfolgt. Dazu muss die Schublehre nach Erzeugen der Bohrung in diese eingeführt werden. Bei bestimmten Bohrungen ist es darüber hinaus erforderlich, den Durchtrittszeitpunkt des Bohrers durch den Knochen präzise zu bestimmen, wodurch gegen Ende des Bohrvorgangs das Bohren mehrfach unterbrochen werden muss, um die Schublehre in die Bohrung einzuführen. Diese Messungen sind fehlerbehaftet, behindern den Operationsablauf und verlängern die Operation insgesamt.

[0003] Im Prinzip wird ein Knochen durch zwei typische Knochenstrukturen gebildet, nämlich die Knochenrinde (Corticalis) und das Knochenmark (Spongiosa). Dabei wird das weichere Knochenmark von der harten Knochenrinde umgeben. Beim Durchbohren eines Röhrenknochens passiert der Bohrer die verschiedenen Schichten des Knochens in folgender Reihenfolge: Knochenrinde (Corticalis), Knochenmark (Spongiosa) und erneut die Knochenrinde (Gegencorticalis) am Ausgang der Bohrung. Die Gegencorticalis ist bei Operationen üblicherweise von Weichteilen (Muskulatur, Fett) umgeben, während die Knochenoberfläche am Ansatz des Bohrens, d. h. am Eingang der Bohrung, chirurgisch freigelegt wird. Dies gilt auch dann, wenn die Bohransatzstelle über Stichinzision (minimalinvasive Chirurgie) gefunden wird. In der Praxis wird die Position der Bohransatzstelle mit einer sogenannten Gewebeschutzhülse fixiert, die das Bohrwerkzeug am Eintritt in den Knochen umgibt und dadurch mit Spiel führt.

[0004] Zur Präzisierung zu der oben beschriebenen mechanischen Längenbestimmung des Bohrloches mit einer Schublehre kann es notwendig werden, den gebohrten Knochen während des Bohrens in regelmäßigen Abständen zu röntgen, was aufgrund der Strahlenbelastung nachteilig ist. Weiterhin ist es bekannt, das Bohrloch akustisch durch Ultraschall oder optisch mit Hilfe von Laserlicht zu untersuchen, wobei diese Methoden auf dem unterschiedlichen Reflexionsvermögen von Weichgewebe, Corticalis und Spongiosa basieren. Diese Methoden sind jedoch technisch aufwändig und haben – wie das Messen mit der Schublehre – den Nachteil, dass die Länge des Bohrlochs separat, d. h. bei Unterbrechung des

eigentlichen Bohrvorgangs, bestimmt werden muss.

[0005] Beim Durchbohren des Knochens muss der Operateur insbesondere gegen Ende des Bohrvorgangs darauf achten, dass der Bohrer nach Durchstoßen der Gegencorticalis nicht in das dahinterliegende Weichgewebe eindringt und dort unerwünschte Verletzungen hervorruft. Zur Vermeidung derartiger Schädigungen muss der Operateur daher gegen Ende des Bohrvorgangs den Bohrvorgang gelegentlich unterbrechen, den Bohrer aus der Bohrung herausziehen und prüfen, ob die Gegencorticalis bereits durchbohrt ist.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine medizinische Bohrvorrichtung sowie ein zugehöriges Verfahren anzugeben, mit denen der Fortschritt beim Bohren durch den Operateur in einfacher Weise überwacht werden kann und die darüber hinaus eine Bestimmung der Bohrlochlänge ermöglichen.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine medizinische Bohrvorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum medizinischen Bohren gemäß Anspruch 12 gelöst.

[0008] Eine erfindungsgemäße medizinische Bohrvorrichtung weist eine Bohrelektrode, eine Gegenelektrode sowie eine mit den beiden Elektroden verbundene Widerstandsmesseinrichtung auf. Die Bohrelektrode steht mit dem elektrisch leitenden Bohrwerkzeug in elektrischem Kontakt, während die Gegenelektrode gegenüber von dem Bohrwerkzeug auf der anderen Seite des zu bohrenden Gewebes, z. B. auch auf der Außenhaut des Patienten, anbringbar ist. Mit Hilfe der Widerstandsmesseinrichtung werden die beiden Elektroden mit einem Gleich- oder Wechselstrom beaufschlagt, so dass der elektrische Widerstand zwischen dem von der Bohrelektrode kontaktierten Bohrwerkzeug und der Gegenelektrode messbar und danach auf einer Anzeigeeinrichtung anzeigbar ist.

[0009] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung speist die Widerstandsmesseinrichtung einen Wechselstrom ein und erfasst den Widerstand in Form einer Impedanz. Die als Impedanzmesseinrichtung dienende Widerstandsmesseinrichtung ermöglicht es, den elektrischen Widerstand des zwischen dem Bohrwerkzeug und der Gegenelektrode liegenden Gewebes besonders störungsfrei, ohne Einfluss von möglicherweise entstehenden elektrischen Feldern, statischen Aufladungen etc. zu erfassen.

[0010] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass menschliches oder tierisches Gewebe, insbesondere also Weichgewebe, Knochenrinde und Knochenmark eine unterschiedliche elektrische Impedanz besitzen. Daher ist es durch die Impedanzmessung zwischen dem Bohrwerkzeug, insbesondere zwischen der Spitze eines Bohrers und der am Weichgewebe außen angebrachten Gegenelektrode möglich, den Aufenthaltsort der Bohrspitze festzustellen. Insbesondere lässt sich erkennen, in wel-

chem Gewebetyp sich der Bohrer bzw. die Bohrer-  
spitze gerade befindet. Zum Beispiel wurde festge-  
stellt, dass beim Durchdringen der Gegencorticalis  
durch die Bohrer-  
spitze ein Impedanzsprung messbar  
ist, da die Bohrer-  
spitze danach in das die Gegencorticalis  
umgebende Weichgewebe eindringt. Im Rück-  
schluss lässt sich aus einem derartigen Impedanz-  
sprung ableiten, dass die Bohrer-  
spitze soeben die  
Gegencorticalis durchdrungen hat und in Kontakt mit  
dem Weichgewebe gelangt ist. Diese Information  
kann dann dem Operateur angezeigt werden, um ihn  
davor zu warnen, weiter zu bohren und möglicherwei-  
se intaktes Weichgewebe zu verletzen.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, dass die Wider-  
standsmessung während des eigentlichen Bohrvor-  
gangs erfolgen kann, also ohne dass der Bohrvor-  
gang unterbrochen werden muss.

[0012] Als elektrischer Widerstandswert lässt sich  
auch ein Gleichstromwiderstand ermitteln, wobei je-  
doch im Einzelfall zu prüfen ist, ob dieser Messwert  
zur Differenzierung der unterschiedlichen Gewebetypen  
ausreicht, oder ob Messfehler ein verwertbares  
Messergebnis verhindern.

[0013] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführ-  
ungsform der Erfindung ist die Anzeigeeinrichtung  
zum Anzeigen von optischen oder akustischen Sig-  
nalen aufgrund von aus der Widerstandsmessein-  
richtung gewonnenen Messwerten oder Messwertän-  
derungen ausgebildet. Es ist dadurch möglich, dem  
Operateur geeignete Informationen zur Verfügung zu  
stellen, aufgrund denen er Rückschlüsse darauf zie-  
hen kann, in welchem Gewebetyp gerade gebohrt  
wird. Die Informationen können in Form von absolu-  
ten Messwerten oder aber auch aufgrund von Mess-  
wertänderungen bereitgestellt werden. Das Erfassen  
von Messwertänderungen hat den Vorteil, dass sich  
der Operateur nur dann mit den Messergebnissen  
befassen muss, wenn sich an den Messwerten etwas  
geändert hat, d. h. wenn der Bohrer gerade in einen  
anderen Gewebetyp eindringt. Um den Operateur  
nicht von seiner Arbeit abzulenken, sind hierzu aku-  
stische Signale besonders hilfreich.

[0014] Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Anzeigeein-  
richtung eine Auswerteeinheit aufweist, mit der auf-  
grund der von der Widerstandsmesseinrichtung er-  
fassten Messwerte oder Messwertänderungen Infor-  
mationen über die Qualität oder den Typ des Gewe-  
bes ermittelbar sind, welches zu dem jeweiligen Zeit-  
punkt durch das Bohrwerkzeug gebohrt wird. Die  
Auswerteeinheit kann derart ausgebildet sein, dass  
sie eine Schalteinrichtung ansteuert, um den Bohran-  
trieb abzuschalten oder um ein entsprechendes Sig-  
nal über die Anzeigeeinrichtung abzugeben, wenn  
die Auswerteeinheit das Bohren eines bestimmten  
Gewebetyps feststellt. Auf diese Weise ist es z. B.  
möglich, den Operateur gezielt darauf hinzuweisen,  
wenn der Bohrer nach Durchbohren des Knochens  
die Gegencorticalis durchstoßen hat und in Kontakt  
mit dem Weichgewebe gelangt. Dann nämlich sollte  
der Bohrvorgang sofort unterbrochen werden, um

eine Schädigung des Weichgewebes zu vermeiden.  
Dazu könnte die Auswerteeinheit registrieren, dass  
die Bohrer-  
spitze nacheinander, d. h. in dieser Rei-  
henfolge Knochenmark und Knochenrinde gebohrt  
hat, und sich dann plötzlich – bei Erreichen des  
Weichgewebes – der Impedanzwert ändert.

[0015] Die durch die erfindungsgemäße Bohrvor-  
richtung ermöglichte Feststellung, in welchem Gewe-  
betyyp jeweils aktuell gebohrt wird, erlaubt es nicht  
nur, den Zeitpunkt des Durchbohrens des Knochens  
präzise zu bestimmen. Außerdem ermöglicht es die-  
se Information, dem Operateur bei Arbeiten in beson-  
ders schwierigen Regionen, wie z. B. in der Becken-  
chirurgie, den Bohrer auch in Längsrichtung durch  
den Knochen, und zwar durch die Spongiosa, zu füh-  
ren und auf diese Weise zu verhindern, dass die Cor-  
ticalis an einer nicht beabsichtigten Stelle versehent-  
lich durchdrungen wird. Gerade in der Beckenchirur-  
gie ist es oft erforderlich, in einem nur wenige Milli-  
meter breiten Spongiosabereich den Bohrer zwischen  
den angrenzenden Corticalisschichten hindurchzu-  
führen, ohne diese Schichten zu verletzen. Da bei ei-  
nem versehentlichen Anbohren der Corticalis jeweils  
ein Impedanzsprung angezeigt würde, kann der Ope-  
rateur gegebenenfalls den Weg des Bohrwerkzeugs  
korrigieren.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Bohr-  
werkzeug ein Bohrer aus einem elektrisch leitenden  
Material ist, der eine isolierende Ummantelung derart  
aufweist, dass die Bohrer-  
spitze einerseits sowie ein  
ringförmiger Bereich am Bohrschaft andererseits  
frei von der isolierenden Ummantelung bleiben und  
somit zur Umgebung hin elektrisch leitend sind. An  
dem ringförmigen Bereich, der vorzugsweise vor ei-  
nem Bereich des Bohrschafts angeordnet ist, an  
dem der Bohrer in einem Bohrfutter eingespannt  
wird, kann die Bohrelektrode den Bohrer kontaktie-  
ren und somit die von der Widerstandsmesseinrich-  
tung angelegte Wechsel- oder Gleichspannung auf  
den Bohrer übertragen. Die Spannung bzw. der dar-  
aus resultierende Strom wird ohne messbare Beein-  
flussung an die Bohrer-  
spitze weitergeleitet, so dass  
sich letztendlich der Widerstandswert des zwischen  
der Bohrer-  
spitze und der gegenüberliegenden Ge-  
genelektrode vorhandenen Gewebes präzise mes-  
sen lässt. Auch der Bereich des Bohrschafts, der in  
dem Bohrfutter eingespannt ist, sollte elektrisch iso-  
liert sein, um eine Beeinflussung der Widerstands-  
messwerte, z. B. durch das Bohrfutter oder den da-  
hinterliegenden Bohrantrieb, zu vermeiden.

[0017] Bei einer besonders vorteilhaften Weiterent-  
wicklung der Erfindung ist eine Bohrtiefenmessvor-  
richtung vorgesehen, mit der der Vorschub des Bohr-  
werkzeugs gemessen wird. Sofern diese Messung zu  
einem Zeitpunkt beginnt, an dem der Bohrer gerade  
mit dem Bohrvorgang beginnt, d. h. in den Knochen  
eindringt, lässt sich auf diese Weise die Tiefe der er-  
zeugten Bohrung präzise messen. Vorteilhafterweise  
kann der gemessene Vorschub und damit die Boh-  
rungstiefe auf einer Anzeige dargestellt werden, um

dem Operateur und seiner Assistenz wertvolle Informationen über den Bohrfortschritt zu vermitteln.

[0018] Der Zeitpunkt des Bohrbeginns, d. h. des Eindringens des Bohrwerkzeugs in den Knochen, kann von dem Bediener in vorteilhafter Weise mit Hilfe eines Signalgebers an die Bohrtiefenmessvorrichtung übertragen werden, um dadurch die Tiefe der nachfolgend entstehenden Bohrung präzise zu bestimmen.

[0019] Sämtliche Materialien und Gegenstände der Vorrichtung müssen vorzugsweise einer Sterilisierung in Wasserdampf bei einer Temperatur von 130 °C standhalten.

[0020] Die erfindungsgemäße Bohrvorrichtung und das mit Hilfe dieser Vorrichtung durchführbare erfindungsgemäße Bohrverfahren ermöglichen es dem Operateur, ohne Unterbrechung des Bohrvorgangs Informationen über die Bohrungstiefe und über den Fortgang des Bohrvorgangs zu erhalten. Dadurch lässt sich einerseits eine deutliche Verkürzung der bisher erforderlichen Arbeitszeit für das Erzeugen von chirurgischen Bohrungen erreichen. Andererseits können Fehlbohrungen und daraus resultierende Schädigungen des Gewebes vermieden werden. Schließlich lässt sich mit Hilfe der präzise gemessenen Bohrungstiefe auch die Länge der darin einzupassenden Schrauben mit hoher Genauigkeit bestimmen. Intraoperative Röntgenkontrollen können dadurch auf ein Minimum reduziert werden.

[0021] Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

[0022] **Fig. 1** eine schematische Skizze zum Erläutern einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bohrvorrichtung und des erfindungsgemäßen Bohrverfahrens;

[0023] **Fig. 2** eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0024] **Fig. 3** eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung; und

[0025] **Fig. 4** eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform der Erfindung.

[0026] **Fig. 1** zeigt in schematischer Form den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Bohrvorrichtung während eines Bohrvorgangs beim medizinischen Bohren eines Knochens **1**. Der Knochen **1** in Form eines Röhrenknochens ist im Schnitt dargestellt. In seinem Kern befindet sich Knochenmark **2** (Spongiosa), die im Wesentlichen zylindrisch von Knochenrinde **3** (Corticalis) umgeben ist. Die härtere Knochenrinde **3** wiederum kann von Weichgewebe **4**, wie z. B. Muskeln oder Fett umgeben sein.

[0027] Das Weichgewebe **4** ist an einer Bohrstelle **5** chirurgisch entfernt, so dass die Knochenrinde **3** freigelegt ist. An dieser Stelle ist eine Gewebeschutzhülse **6** in bekannter Weise eingesetzt. Die Gewebeschutzhülse **6** dient einerseits dazu, eine Beschädigung des Weichgewebes **4** an der Bohrstelle **5** zu vermeiden. Weiterhin umschließt sie mit Spiel einen

als Bohrwerkzeug dienenden Bohrer **7** und dient somit zu dessen Führung und Fixierung. Insbesondere beim Anbohren der Knochenrinde **3** kann dadurch vermieden werden, dass eine Spitze **7a** des Bohrers **7** abrutscht und das Weichgewebe **4** schädigt.

[0028] Wie in **Fig. 1** erkennbar, hat die Spitze **7a** des Bohrers **7** zunächst die Knochenrinde **3** und dann das weichere Knochenmark **2** durchdrungen und befindet sich jetzt wieder in der Knochenrinde **3**. Zur besseren Kennzeichnung wird dieser Teil der Knochenrinde **3** als Gegencorticalis **8** gekennzeichnet. Im weiteren Verlauf des Bohrvorgangs wird der Bohrer **7** die Gegencorticalis **8** durchbohren und in das dahinterliegende Weichgewebe **4** einbringen. Zur Vermeidung von Schädigungen des Weichgewebes **4** muss der Operateur besonders sorgfältig auf den Zeitpunkt achten, an dem die Gegencorticalis **8** durchbohrt wird.

[0029] Bei der erfindungsgemäßen Bohrvorrichtung wird der Bohrer **7** durch eine Bohrelektrode **9** kontaktiert. Gegenüber von dem Bohrer **7** bzw. der Bohrer Spitze **7a** ist außen an dem Weichgewebe **4**, vorzugsweise an einer leicht zugänglichen Stelle, eine Gegenelektrode **10** angeordnet.

[0030] Die Bohrelektrode **9** und die Gegenelektrode **10** sind mit einer Widerstandsmesseinrichtung **11** verbunden, die die Elektroden **9**, **10** mit einer Gleich- oder Wechselspannung beaufschlagt und den elektrischen Widerstand zwischen den beiden Elektroden **9**, **10** misst.

[0031] Der Bohrer **7** ist ein üblicher Bohrer aus einem elektrisch leitenden Metall. Jedoch ist seine Außenhaut bis auf die Bohrer Spitze **7a** und eine Ringfläche **12** am Bohrschaft elektrisch isoliert, z. B. durch Galvanisierung oder Eloxierung.

[0032] Die Bohrelektrode **9** kontaktiert die elektrisch leitende Ringfläche **12**. Dadurch wird die Gleich- oder Wechselspannung von der Bohrelektrode **9** auf die Ringfläche **12** und damit direkt auf die Bohrer Spitze **7a** übertragen.

[0033] Prinzipiell ist auf diese Weise die Messung eines Gleichspannungswiderstands des Gewebes zwischen der Bohrer Spitze **7a** und der Gegenelektrode **10** möglich. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass eine Beaufschlagung mit einer Wechselspannung und eine Messung der Impedanz besonders präzise Ergebnisse liefert.

[0034] Die Impedanzmessung erfolgt aus verständlichen Gründen mit möglichst niedrigen Spannungen und Strömen, so z. B. 1 Volt. Die Wechselspannung wird durch die Widerstandsmesseinrichtung **11** aufgeprägt und die Impedanz aus dem gemessenen Strom berechnet. Hierzu eignet sich besonders die sogenannte Lock-In-Technik, die an sich bekannt ist, so dass sich eine weitergehende Beschreibung erübrigt. Die Frequenz der Wechselspannung liegt typischerweise zwischen 1 kHz und 100 kHz, wodurch sich Störströme aufgrund des 50 Hz Brummens oder aufgrund von hochfrequenten Einkopplungen vermeiden lassen. Vielmehr wird der Strom nur bei der

vorgegebenen Frequenz detektiert (Lock-In), so dass die Störströme anderer Frequenzen unberücksichtigt bleiben. Neben der Amplitude der Impedanz wird auch deren Phase bestimmt. Unter Verwendung geeigneter Bandpassfilter wird das gemessene Signal weiter aufbereitet.

[0035] Da es für den Operateur – wie oben bereits dargelegt – besonders wichtig ist, den Zeitpunkt des Durchbohrens der Gegencorticalis **8** zu erkennen, können geeignete Maßnahmen zur Detektion des aus der Gewebeänderung resultierenden Impedanzsprungs ergriffen werden. So lässt sich z. B. dieser Sprung durch geeignete Filter, z. B. durch Differenzieren des Signals und Bestimmung des Maximums erkennen.

[0036] Die Widerstandsmesseinrichtung **11** ist mit einer Anzeigeeinrichtung **13** verbunden, die zum Auswerten der von der Widerstandsmesseinrichtung erfassten Messwerte dient. Dazu ist vorteilhafterweise in der Anzeigeeinrichtung **13** ein Computer vorgesehen, der die Messwerte speichert, aufbereitet und in geeigneter Weise darstellt. So kann z. B. auf einem Display der Gewebetyp (Knochenrinde **3**, Knochenmark **2**, Weichgewebe **4**, Gegencorticalis **8**) dargestellt werden, in dem sich die Bohrspitze **7a** gerade befindet. Beim Durchdringen der Gegencorticalis **8** und Eindringen in das dahinterliegende Weichgewebe **4** kann sowohl ein optisches als auch ein akustisches Signal erzeugt werden. Weiterhin kann die Anzeigeeinrichtung **13** zum Erfassen und Ausgeben der Bohrungstiefe genutzt werden, was später noch erläutert wird.

[0037] **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bohrvorrichtung, wobei die oben beschriebene Widerstandsmessung unverändert beibehalten wird.

[0038] Als Detaillierung zu dem in **Fig. 1** erläuterten Schema ist in **Fig. 2** darüber hinaus zu erkennen, dass der Bohrer **7** in einem Bohrfutter **14** eingespannt ist. Das Bohrfutter **14** wird in bekannter Weise durch einen nicht dargestellten Bohrantrieb drehend angetrieben.

[0039] Die Bohrelektrode **9** ist in Form eines an sich bekannten Kohleschleifers zur elektrischen Kontaktierung der Ringfläche **12** des Bohrers **7** ausgebildet. Der Kohleschleifer wird über eine nicht dargestellte Feder gegen die Ringfläche **12** gedrückt. Selbstverständlich sind zur Kontaktierung der Bohrelektrode **9** mit der Ringfläche **12** auch zahlreiche andere Möglichkeiten bekannt, die an dieser Stelle nicht vertieft werden müssen.

[0040] Zur besseren Führung der Bohrelektrode **9** ist diese in einen Gehäuseaufsatz **15** integriert, die wiederum in geeigneter Weise, z. B. mit Hilfe eines Bajonettverschlusses an einem auch den Bohrantrieb aufnehmenden Hauptgehäuse **16** der Bohrvorrichtung befestigt ist.

[0041] Weiterhin ist bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung eine Bohrtiefenmessvorrichtung **17** in Ergänzung zu der oben beschriebenen Wider-

standsmesseinrichtung vorgesehen.

[0042] Die Bohrtiefenmessvorrichtung **17** ist in **Fig. 2** nur schematisch dargestellt und kann folgenden Aufbau aufweisen: Zwischen dem Hauptgehäuse **16** oder dem Gehäuseaufsatz **15** der Bohrvorrichtung und der Gewebeschutzhülse **6** ist ein dehn- und stauchbares mechanisches Element, z. B. eine Feder **18** eingesetzt. Die Feder kann z. B. lediglich auf einer Seite, z. B. an dem Gehäuseaufsatz **15** befestigt sein, während sie auf der Gewebeschutzhülse **6** lose aufliegt. Beim Vorschub des Bohrers **7** wird die Feder **18** gestaucht, während sie sich beim Zurückziehen des Bohrers **7** entspannen kann. Die in der Feder **18** wirkende Federkraft kann mit Hilfe einer nicht dargestellten, an der Federhalterung vorgesehenen Kraftmessdose oder einem Dehnmessstreifen gemessen werden. In Kenntnis der Federkennlinie der Feder **18** lässt sich daraus der Stauchungsweg der Feder **18** und somit der Vorschub des Bohrers **7** relativ zu der Gewebeschutzhülse **6** errechnen und z. B. über die Anzeigeeinrichtung **13** (**Fig. 1**) ausgeben.

[0043] Über eine nicht dargestellt Signaleinrichtung hat der Operateur die Möglichkeit, den Beginn der Bohrtiefenmessung zu bestimmen. Dazu kann er z. B. den Signalgeber genau in dem Moment betätigen, in dem die Bohrspitze **7a** beginnt, in den Knochen einzudringen. Ab diesem Zeitpunkt wird der Bohrvorschub gemessen, wobei ein gelegentliches Abheben des Bohrers **7** und damit eine Unterbrechung des Bohrvorgangs unschädlich ist, weil die in der Anzeigeeinrichtung **13** vorgesehene Auswerteeinrichtung die jeweiligen Vorschubänderungen in beiden Richtungen erfasst und derart addiert, dass stets der Absolutvorschub gegenüber der Ausgangslage, in der die Messung begonnen wurde, ermittelt wird.

[0044] In Kombination mit der oben beschriebenen Widerstandsmesseinrichtung erhält somit der Operateur über die Anzeigeeinrichtung **13** ständige Informationen über die Bohrungstiefe sowie über den zum jeweiligen Zeitpunkt gebohrten Gewebetyp bzw. eine Änderung des Gewebetyps bei Durchbohren der jeweiligen Gewebegrenzen.

[0045] **Fig. 3** zeigt schematisch eine dritte Ausführungsform der Erfindung, die im Wesentlichen auf der bereits erläuterten zweiten Ausführungsform der Erfindung aufbaut. Im Unterschied zu der zweiten Ausführungsform gemäß **Fig. 2** basiert jedoch die Bohrtiefenmessvorrichtung **17** auf einem magnetischen bzw. elektromagnetischen Prinzip.

[0046] Zu diesem Zweck ist vorzugsweise an der Gewebeschutzhülse **6** ein Aufsatz **19** in die Gewebeschutzhülse **6** integriert oder separat davon vorgesehen, der einerseits einen Durchbruch **20** zur Durchführung des Bohrers **7** und andererseits eine Spule **21** aufweist. Die Spule **21** ist vorzugsweise vollständig gekapselt, um ihre Reinigung und Sterilisierung zu erleichtern.

[0047] An dem Hauptgehäuse **16** oder dem Gehäuseaufsatz **15** der Bohrvorrichtung ist ein Ferritstab **22** befestigt, der ebenfalls gekapselt sein sollte. Der Fer-

ritstab **22** dringt in die Spule **21** ein und dient somit als Spulenkern. Je nach Eindringtiefe des Ferritstabes **22** ändert sich die Induktivität der Spule **21**, woraus der Vorschub des Bohrers **7** errechnet und auf der Anzeigeeinrichtung **13** angezeigt werden kann.

[0048] **Fig. 4** zeigt schließlich eine vierte Ausführungsform der Erfindung, die sich von den in den **Fig. 2** und **3** gezeigten Ausführungsformen in dem Prinzip der Bohrtiefenmessvorrichtung **17** unterscheidet. Anstelle der bisher erläuterten mechanischen und magnetischen Bohrtiefenmessung wird bei der vierten Ausführungsform ein optisches Messverfahren verwendet.

[0049] Dazu werden auf dem Bohrer **7** schmale farbige Ringe, z. B. im Abstand von 0,5 mm als Markierung aufgebracht. Die Farben können sich z. B. in folgender Weise ändern: Weiß, Rot, Grün, Weiß, Rot, Grün, Weiß, ....

[0050] Auf die Gewebeschutzhülse **6** ist eine Messhülse **23** aufgesetzt. Die Messhülse **23** kann aber auch in die Gewebeschutzhülse **6** integriert sein. In der Messhülse **23** sind zwei nicht dargestellte, auf den Bohrer **7** fokussierte Lichtquellen vorgesehen, wobei das Licht von der ersten Lichtquelle z. B. sowohl von der grünen als auch von der weißen Schicht reflektiert wird, während das Licht von der zweiten Lichtquelle sowohl von der roten als auch von der weiten Schicht reflektiert wird. Das reflektierte Licht von jeder Lichtquelle wird von einer nicht dargestellten Fotodiode erfasst. In einer ebenfalls nicht dargestellten Auswerteeinheit werden die von den Lichtquellen detektierten Farbänderungen erfasst, gezählt und hinsichtlich der Farbänderungen registriert. Durch das Abzählen der Ringe lässt sich sowohl die Richtung als auch der Bohrvorschub berechnen. Zum Beispiel kann das System auf ein Bohren in Vorschubrichtung schließen, wenn die Farbe von Weiß nach Grün wechselt, während ein Rückziehen des Bohrers registriert wird, wenn die Farbe von Weiß nach Rot wechselt. Pro gezähltem Ring wird ein Vorschub von z. B. 0,5 mm ermittelt, so dass die Auflösung dieses Systems ebenfalls 0,5 mm beträgt. Ein an der Oberseite der Gewebeschutzhülse **6** oder der Messhülse **23** vorgesehener nicht dargestellter Blutabstreifer verhindert die Verschmutzung der Ringe mit Blut oder Knochenmehl.

[0051] Die in den **Fig. 2** bis **4** gezeigten Ausführungsbeispiele dienen lediglich zur Erläuterung von prinzipiellen Lösungen für eine Bohrtiefenmessvorrichtung. Selbstverständlich sind aus anderen technischen Gebieten, z. B. der Bohrtechnik oder dem Werkzeugbau, weitere Lösungen bekannt, mit denen die Tiefe einer Bohrung ermittelt werden kann. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Bohrvorrichtung durch den Operateur vorteilhafterweise von Hand geführt wird, weil der Operateur ein "Gefühl" für den Bohrvorgang haben muss. Die Bohrtiefenmessvorrichtung muss daher auch bei einer Handführung des Bohrgeräts und der damit verbundenen Änderungen der Winkelstellungen und einem gelegentlichen Ab-

setzen des Bohrers arbeiten können. Die Bohrvorrichtung kann selbstverständlich auch in einer Halterung eingespannt oder gar von einem Roboter geführt werden.

## Patentansprüche

1. Medizinische Bohrvorrichtung zum Bohren von menschlichem oder tierischem Gewebe (**2, 3, 4**), mit einem Bohrantrieb zum drehenden Antreiben eines elektrisch leitenden Bohrwerkzeugs (**7**), gekennzeichnet durch

– eine Bohrelektrode (**9**), die mit dem Bohrwerkzeug (**7**) in elektrischem Kontakt steht,

– eine Gegenelektrode (**10**), die derart anordenbar ist, dass sich das zu bohrende Gewebe im Wesentlichen zwischen der Gegenelektrode (**10**) und dem Bohrwerkzeug (**7**) befindet,

– eine Widerstandsmesseinrichtung (**11**), die mit der Bohrelektrode (**9**) und der Gegenelektrode (**10**) verbunden und derart ausgebildet ist, dass die beiden Elektroden (**9, 10**) mit einem Strom beaufschlagbar und der elektrische Widerstand des zwischen dem von der Bohrelektrode (**9**) kontaktierten Bohrwerkzeug (**7**) und der Gegenelektrode (**10**) befindlichen Gewebes (**2, 3, 4**) messbar ist, und durch

– eine Anzeigeeinrichtung (**13**) zum Anzeigen von Information aufgrund von von der Widerstandsmesseinrichtung (**11**) erfassten Messwerten.

2. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsmesseinrichtung (**11**) eine Impedanzmesseinrichtung ist, dass der Strom ein Wechselstrom ist und dass der elektrische Widerstand eine elektrische Impedanz ist.

3. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeigeeinrichtung (**13**) zum Anzeigen von optischen oder akustischen Signalen aufgrund von aus der Widerstandsmesseinrichtung (**11**) gewonnenen Messwerten oder Messwertänderungen ausgebildet ist.

4. Medizinische Bohrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeigeeinrichtung (**13**) eine Auswerteeinheit aufweist, mit der aufgrund der von der Widerstandsmesseinrichtung (**11**) erfassten Messwerte oder Messwertänderungen Information über die Qualität oder den Typ des Gewebes ermittelbar ist, welches zu dem jeweiligen Zeitpunkt durch das Bohrwerkzeug (**7**) gebohrt wird.

5. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Auswerteeinheit eine Schalteinrichtung ansteuerbar ist, um den Bohrantrieb abzuschalten oder um über die Anzeigeeinrichtung (**13**) ein entsprechendes optisches oder akustisches Signal abzugeben, wenn die Auswerteeinheit das Bohren eines bestimmten Gewebe-

typs feststellt.

6. Medizinische Bohrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Bohrwerkzeug ein Bohrer (7) aus einem elektrisch leitenden Material ist, der eine isolierende Ummantelung derart aufweist, dass die Bohrerspitze (7a) sowie ein ringförmiger Bereich (12) am Bohrer-schaft frei von der Ummantelung und somit zur Um-ggebung hin elektrisch leitend sind.

7. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrelektrode (9) den Bohrer (7) an dem ringförmigen Bereich (12) elektrisch kontaktiert.

8. Medizinische Bohrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Bohrtiefenmessvorrichtung (17) vorgesehen ist, zum Messen des Vorschubs des Bohrwerkzeugs (7) ab einem definierbaren Zeitpunkt oder einer definier-baren Ausgangsposition.

9. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrtiefen-messvorrichtung (17) mit einem Signalgeber gekop-pelt ist, mit dem von dem Bediener der Bohrvorrich-tung der Zeitpunkt oder die Ausgangsposition zu Be-ginn des Messvorgangs an die Bohrtiefenmessvor-richtung (17) signalisierbar ist.

10. Medizinische Bohrvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Bohrtiefenmessvorrichtung (17) der Vorschub des Bohrwerkzeugs (7) relativ zu einer Gewebeschutz-hülse (6) messbar ist, die an dem Ort anordenbar ist, an dem das Bohrwerkzeug (7) in das zu bohrende Gewebe (2, 3, 4) eindringt, und die das Bohrwerk-zeug (7) an diesem Ort führt.

11. Medizinische Bohrvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrtiefenmessvorrichtung (17) ein mecha-nisches, federmechanisches, magnetisches, elektro-magnetisches, induktives, kapazitives oder optisches Messprinzip aufweist.

12. Verfahren zum medizinischen Bohren von menschlichem oder tierischem Gewebe, dadurch ge-kennzeichnet, dass während des Bohrens der elektri-sche Widerstand zwischen der Spitze (7a) eines Bohrwerkzeugs (7) und einer gegenüber von dem Bohrwerkzeug (7) jenseits des zu bohrenden Gewe-bes angeordneten Gegenelektrode (10) gemessen wird, und dass die gemessenen Werte oder eine Än-derung der gemessenen Werte durch eine Auswerte-einheit erfasst und dem Bediener angezeigt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch ge-kennzeichnet, dass als elektrischer Widerstand die

Impedanz gemessen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, da-durch gekennzeichnet, dass während des Bohrens der Vorschub des Bohrwerkzeugs (7) gemessen wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

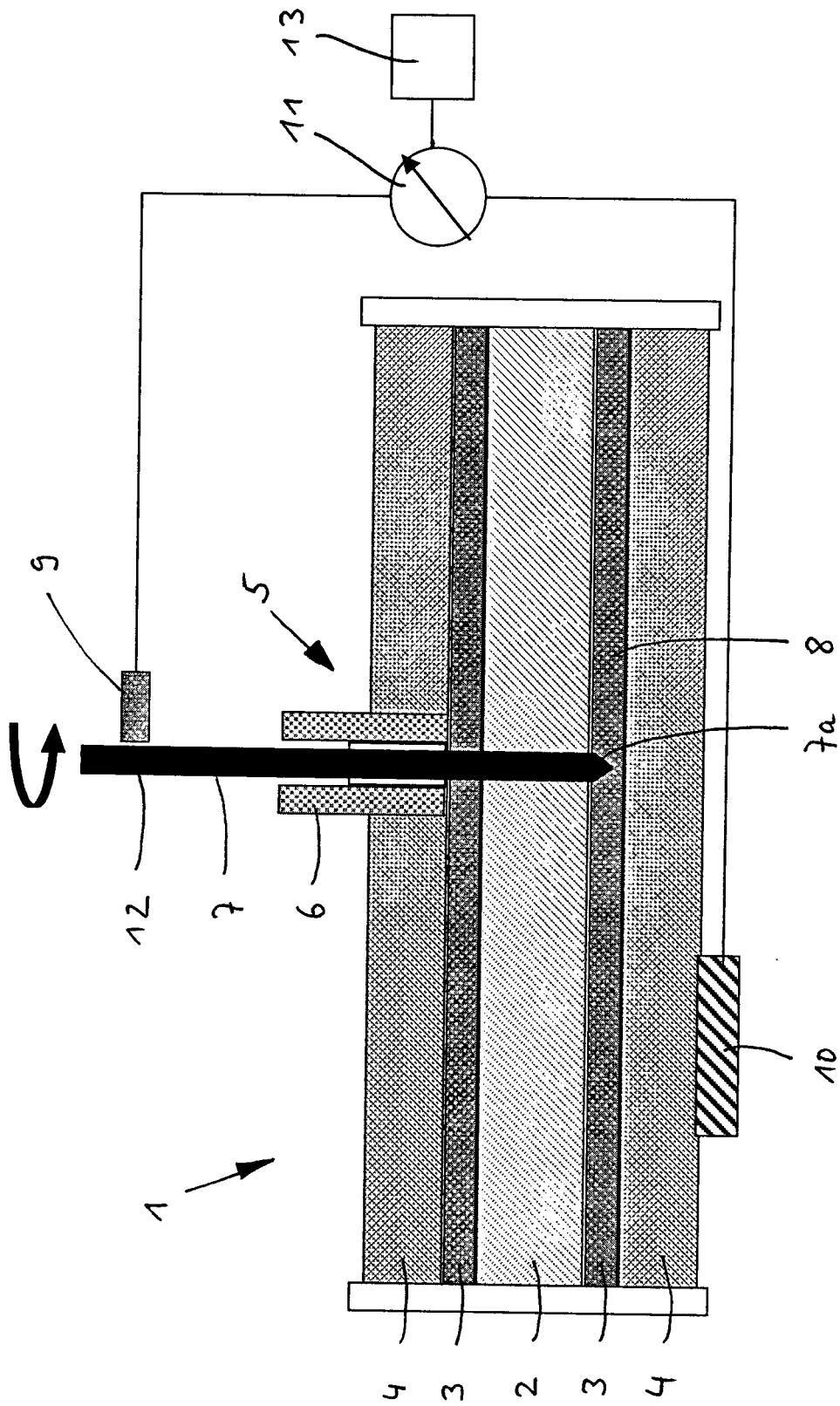


Fig. 1



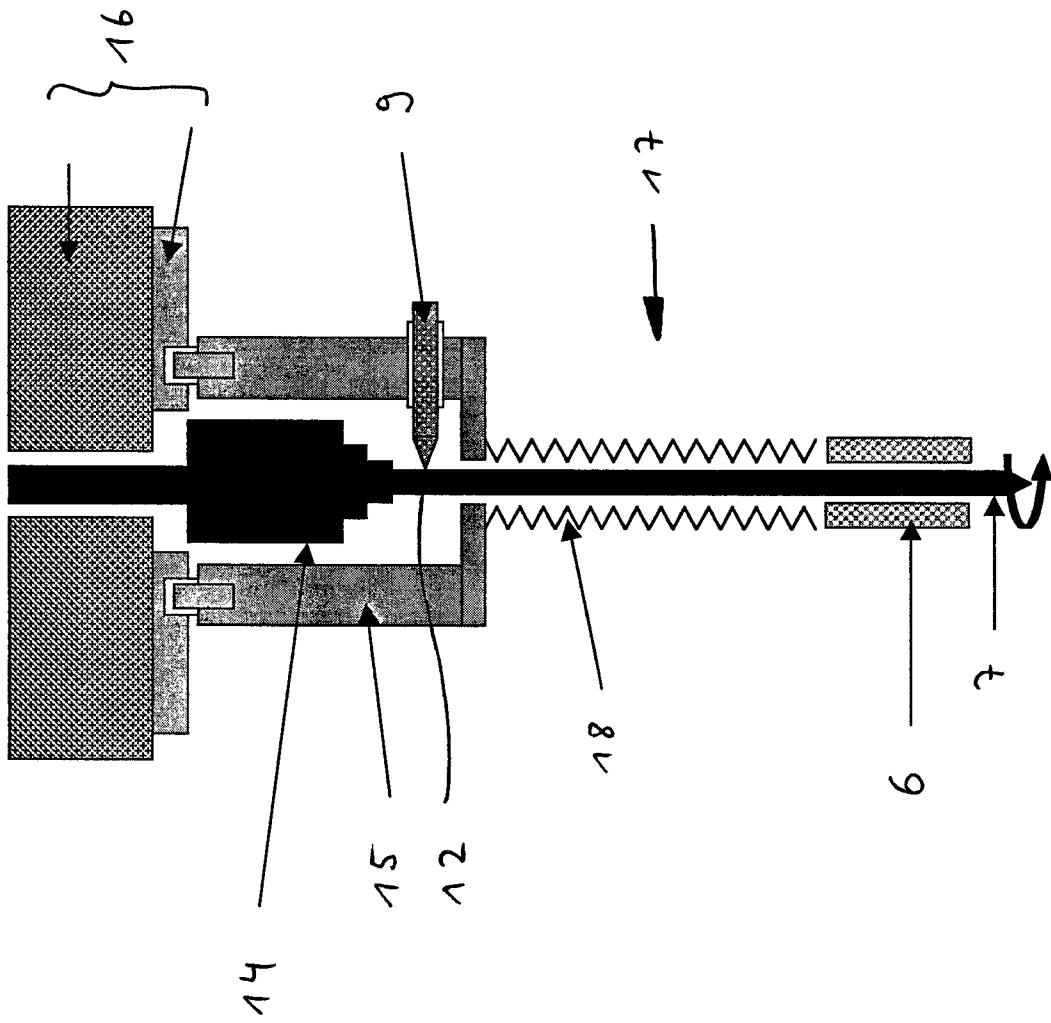


Fig. 2

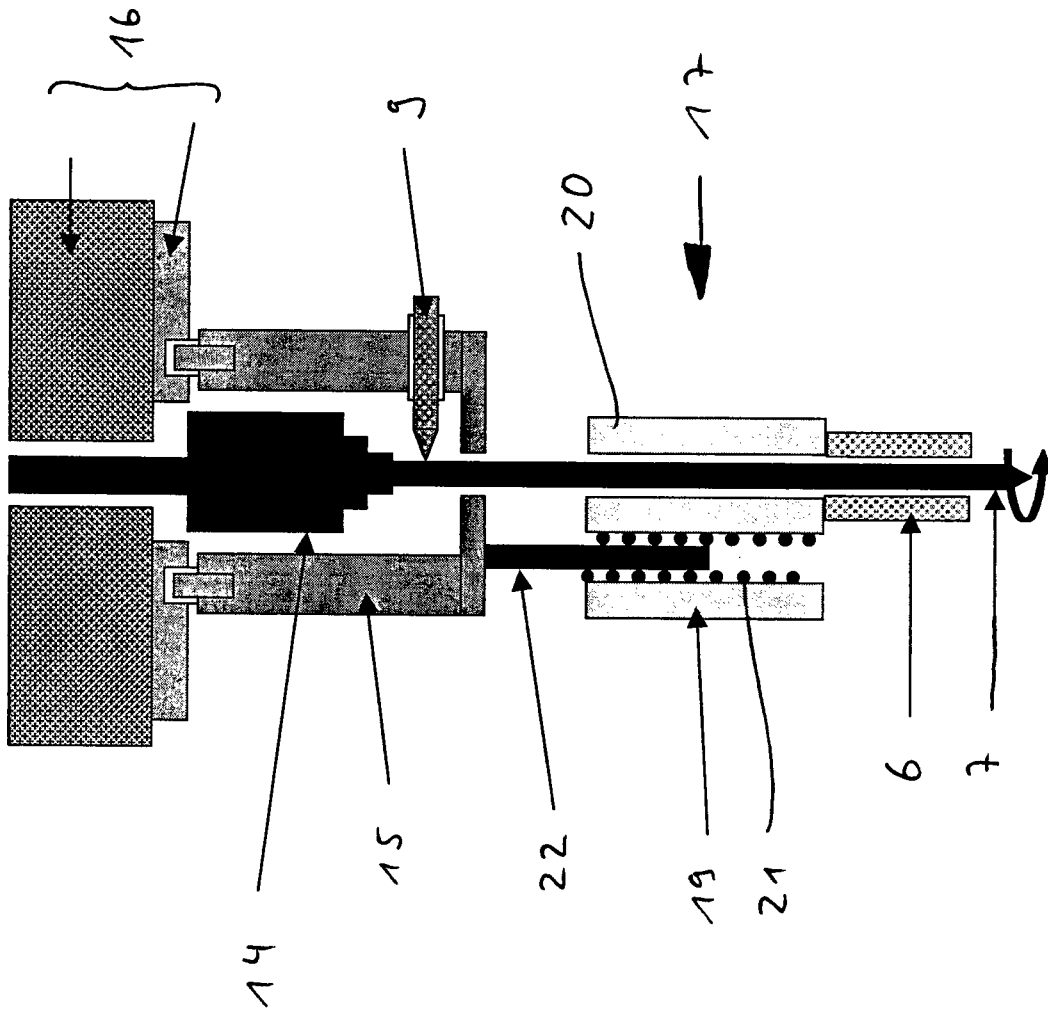


Fig. 3

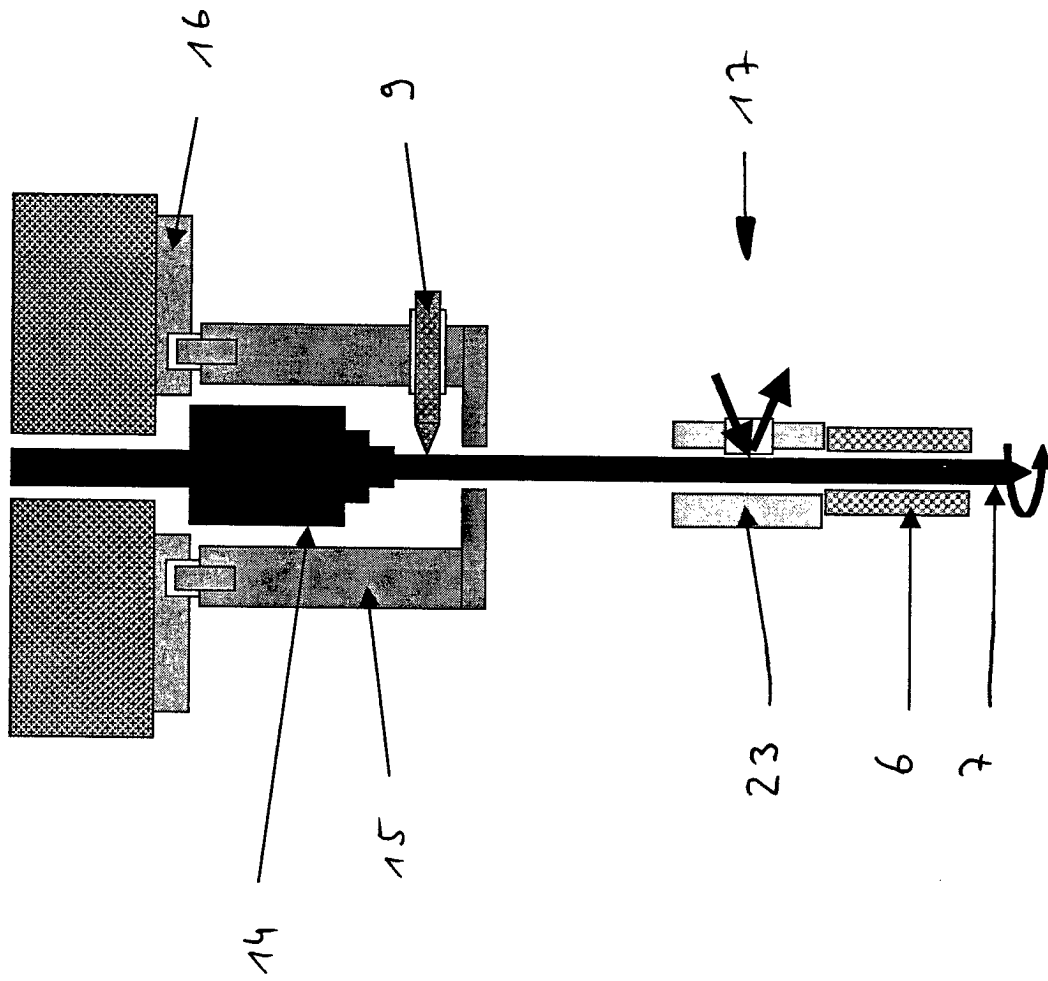


Fig. 4