(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. März 2013 (07.03.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/029582 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61B 17/16 (2006.01) *A61C 1/08* (2006.01)
A61B 17/17 (2006.01) *B23B 49/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/000787

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. August 2012 (01.08.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 111 671.4
26. August 2011 (26.08.2011) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **UNIVERSITÄT BREMEN**; Bibliothekstrasse 1, 28359 Bremen (DE). **ROLAND-KLINIK gGMBH** [DE/DE]; Niedersachsendamm 72-74, 28201 Bremen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **FREYBERG, Axel von** [DE/DE]; Am Saatmoor 54A, 28865 Lilienthal (DE). **STÖBENER, Dirk** [DE/DE]; Emil-Trinkler-Strasse 34, 28211 Bremen (DE). **GOCH, Gert** [DE/DE]; Wachmannstrasse 11, 28209 Bremen (DE). **SORG, Michael** [DE/DE]; Bookhorner Weg 2, 22777 Ganderkesee (DE). **SPICHER, Rüdiger** [DE/DE]; Bromberger Strasse 4, 27321 Thedinghausen (DE).

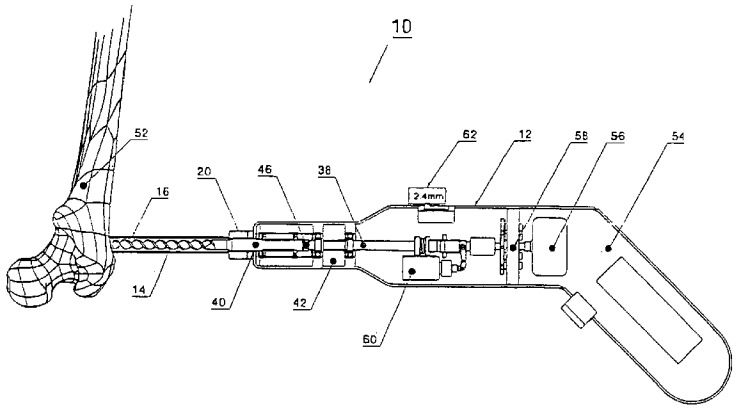
(74) Anwälte: **MANASSE, Uwe** et al.; Boehmert & Boehmert, Hollerallee 32, 28209 Bremen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: DRILLING MACHINE, IN PARTICULAR MEDICAL DRILLING MACHINE, AND DRILLING METHOD

(54) **Bezeichnung** : BOHRMASCHINE, INSBESONDERE MEDIZINISCHE BOHRMASCHINE, UND BOHRVERFAHREN



Figur 6

(57) **Abstract**: A drilling machine (10), in particular a medical drilling machine, with a housing (12) which accommodates an electric motor (56) and a drill mechanism driven by the latter and having a drill (14), characterized in that it also has a device for measuring the depth of penetration of the drill, a device for measuring axial force, a device for measuring solid-borne noise, and a signal-evaluating device (62) for determining the length of the drilled channel (21) through the whole of the body (22) that is to be drilled, or as far as a material transition, in particular an abrupt material transition, in the body that is to be drilled, and a drilling method, in particular a medical drilling method, characterized in that, during the drilling of a drilled channel (21) in a body (22) that is to be drilled, the depth of penetration of a drill (14), the axial force with which the drill is pressed onto the body that is to be drilled, and the solid-borne noise in the body that is to be drilled are measured simultaneously, and the measured values are evaluated in order to determine the length of the drilled channel through the whole of the body that is to be drilled, or as far as a material transition, in particular an abrupt material transition, in the body that is to be drilled, and the length is output, in particular displayed.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/029582 A1

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Bohrmaschine (10), insbesondere medizinische Bohrmaschine, mit einem Gehäuse (12), in dem ein Elektromotor (56) und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer (14) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung, eine Axialkraftmesseinrichtung, eine Körperschallmesseinrichtung und eine Signalauswerteeinrichtung (62) zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper aufweist, und Bohrverfahren, insbesondere medizinisches Bohrverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in einen zu bohrenden Körper (22) die Eindringtiefe eines Bohrers (14), die Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, und der Körperschall in dem zu bohrenden Körper gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in den zu bohrenden Körper ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird.

BOHRMASCHINE, INSBESONDERE MEDIZINISCHE BOHRMASCHINE, UND BOHRVERFAHREN

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bohrmaschine, insbesondere eine medizinische Bohrmaschine, und ein Bohrverfahren, insbesondere ein medizinisches Bohrverfahren.

In der Chirurgie und Orthopädie werden im Rahmen der Versorgung von Knochenbrüchen, aber auch bei der Korrektur von angeborenen oder erworbenen Fehlstellungen des Skelettsystems, Metallimplantate zur Stabilisation an oder in den Knochen eingesetzt (sogenannte Osteosynthesen). Diese operativen Techniken der Knochenstabilisation kommen allein in Deutschland pro Jahr hunderttausendfach, weltweit aber millionenfach zur Anwendung.

Als Osteosynthesematerialien werden seit Jahrzehnten zumeist Schrauben oder Kombinationen aus Metallplatten und Schrauben verwendet. Diese Implantate bestehen in der Regel aus Edelstahl, zunehmend häufiger aus einer Titanlegierung.

Zur stabilen Verankerung der Schrauben ist es erforderlich, im Knochen gezielt Bohrkanäle anzulegen. Dabei sollte die implantierte Schraube mit der hinteren Knochenwand genau abschließen, da ein Schraubenüberstand zu einer chronischen Irritation und Schädigung der umgebenden Weichteile führt. Eine zu kurz gewählte Schraube kann wiederum durch Auslockerung in ein Implantatversagen münden mit dem Resultat der knöchernen Instabilität.

Die Bestimmung der korrekten Schraubenlänge erfolgt im Stand der Technik routinemäßig indirekt über eine Messung der Tiefe bzw. Länge des angelegten Bohrkanals. Als Messinstrument dient eine mechanische Messlehre. Jedoch erweist sich der Messvorgang im Alltag immer wieder als problematisch, da messtechnisch bedingt fehlerhafte und teilweise nicht reproduzierbare Längenbestimmungen der Bohrkanäle resultieren. Die fehlerbehaftete Messtechnik führt dann unweigerlich zur Gefahr der Implantation einer falschen Schraubenlänge mit den oben aufgezeigten nachteiligen Konsequenzen. Eine Kontrolle der Schraubenlänge ist zumeist nur durch intraoperative Röntgenuntersuchung möglich, da das gegenüberliegende Schraubenende vom Operationsschnitt (Zugang) nicht einsehbar ist und durch die abgewandte Knochenwand verdeckt wird. Während einer laufenden Operation wird in der Regel nur ein Teil der fehlerhaften Bestimmungen erkannt, so dass eine Korrektur hier noch möglich wird. Ein weiterer Anteil der fehlerhaft bestimmten Schraubenlängen bleibt jedoch unerkannt und somit auch unkorrigiert. Diese Messfehler haben insbesondere für den Patienten, aber auch für das beteiligte Operations- und Narkoseteam nachteilige Folgen. Neben den gesundheitlichen Nachteilen für den Patienten und den ökonomischen Folgen durch erforderliche Folgeeingriffe ist auch mit möglichen Regressforderungen an den Klinikträger bzw. den ausführenden Operateur zu rechnen.

Das oben beispielhaft für den medizinischen Bereich geschilderte Problem besteht ganz allgemein in Fällen, wenn man nicht in den zu bohrenden Körper hineinsehen kann und/oder wenn die von dem Eintrittspunkt des Bohrkanals abgewandte Seite des zu bohrenden Körpers nicht optisch zugänglich ist. Zudem kann der zu bohrende Körper nicht nur aus einem einheitlichen Material, sondern beispielsweise aus mehreren Materialschichten bestehen oder ein Hohlkörper sein. Der Bohrkanal muss sich auch nicht in jedem Fall durch den gesamten Körper erstrecken, sondern könnte beispielsweise auch nur durch eine oder mehrere Materialschichten notwendig sein.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine genaue Messung von Längen von Bohrkanälen, insbesondere wenn man nicht in den zu bohrenden Körper hineinsehen kann

und/oder die von dem Eintrittspunkt des Bohrkanals abgewandte Seite des Bohrkörpers nicht optisch zugänglich ist, zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Bohrmaschine, insbesondere medizinische Bohrmaschine, mit einem Gehäuse, in dem ein Motor, vorzugsweise ein Elektromotor, und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung zur Messung der Eindringtiefe des Bohrers während des Bohrens eines Bohrkanals in einen zu bohrenden Körper, eine Axialkraftmesseinrichtung zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, während des Bohrens, eine Körperschallmesseinrichtung zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper während des Bohrens und eine Signalauswerteeinrichtung zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen-, der Axialkraftmess- und der Körperschallmesseinrichtung gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper aufweist. Bei dem zu bohrenden Körper kann es sich beispielsweise um einen menschlichen oder tierischen Knochen handeln.

Gemäß einem zweiten Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch eine Bohrmaschine, insbesondere medizinische Bohrmaschine, mit einem Gehäuse, in dem ein Motor, vorzugsweise ein Elektromotor, und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung zur Messung der Eindringtiefe des Bohrers während des Bohrens eines Bohrkanals in einen zu bohrenden Körper, eine Axialkraftmesseinrichtung zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, während des Bohrens, eine Reflexionsmesseinrichtung zur Messung der Reflexion von Licht an den zu bohrenden Körper vor der Bohrerspitze während des Bohrens und eine Signalauswerteeinrichtung zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen-, der Axialkraftmess- und der Reflexionsmesseinrichtung gelieferten Messwerte zur Bestimmung

der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper aufweist.

Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch ein Bohrverfahren, insbesondere medizinisches Bohrverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens eines Bohrkanals in einen zu bohrenden Körper die Eindringtiefe eines Bohrers, die Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, und der Körperschall in dem zu bohrenden Körper gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird. Als Motor kann beispielsweise auch ein Druckluft- oder Hydraulikmotor verwendet werden.

Weiterhin wird diese Aufgabe gemäß einem zweiten Aspekt gelöst durch ein Bohrverfahren, insbesondere medizinisches Bohrverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens eines Bohrkanals in einen zu bohrenden Körper die Eindringtiefe eines Bohrers, die Axialkraft, mit der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, und die Reflexion von Licht an dem zu bohrenden Körper vor der Bohrerspitze gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird.

Bei der Bohrmaschine gemäß dem zweiten Aspekt kann vorgesehen sein, dass sie eine Körperschallmesseinrichtung zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper während des Bohrens aufweist.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist die Bohrmaschine eine Handbohrmaschine (auch handbetätigbare Bohrmaschine genannt).

Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung weist die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung eine den Bohrer konzentrisch umgebende Hülse, die über einen Verschiebebereich in Längsrichtung des Bohrers verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze des Bohrers hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist, und einen Wegsensor zur Erfassung der während des Bohrens von der Hülse ab Aufsetzen auf den zu bohrenden Körper von der Hülse nach hinten zurückgelegten Verschiebestrecke auf. Die Hülse kann auch als Bohrhülse zum Weichteilschutz während eines Bohrvorgangs verwendet werden.

Alternativ weist die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen sich parallel zum Bohrer erstreckenden Stab, der über einen Verschiebebereich in seiner Längsrichtung verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze des Bohrers hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist, und einen Wegsensor zur Erfassung der während des Bohrens von dem Stab ab Aufsetzen auf den zu bohrenden Körper von dem Stab nach hinten zurückgelegten Verschiebestrecke auf.

Wiederum alternativ weist die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen optischen Abstandsmesser, insbesondere Laserabstandsmesser, zur Bestimmung des Abstands der Bohrmaschine zu einem zu bohrenden Körper während des Bohrens eines Bohrkanals in selbigen auf.

Andererseits ist auch denkbar, dass die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen akustischen Abstandsmesser, insbesondere Ultraschallabstandsmesser, zur Bestimmung des Abstands der Bohrmaschine zu einem zu bohrenden Körper während des Bohrens eines Bohrkanals in selbigen aufweist.

Zweckmäßigerweise weist die Axialkraftmesseinrichtung einen Drucksensor, insbesondere eine Kraftmessdose, auf.

Vorteilhafterweise ist der Drucksensor zwischen dem hinteren Ende des Bohrers und einer zum Bohrmechanismus gehörigen Werkzeugwelle oder auf oder in der Werkzeugwelle angeordnet.

Ebenfalls vorteilhafterweise weist die Körperschallmesseinrichtung einen Schwingungssensor zwischen dem hinteren Ende des Bohrers und der Werkzeugwelle oder auf oder in der Werkzeugwelle auf.

Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform ist ein Schwingungsanreger zur aktiven Anregung von mechanischen Schwingungen in dem Bohrer vorgesehen. Insbesondere kann eine vorzugsweise mechanische Kupplung vorgesehen sein, die so gestaltet ist, dass sie von dem Schwingungsanreger erzeugte Schwingungen nur dann einkoppelt, wenn der Bohrer nach dem Aufsetzen auf einen zu bohrenden Körper einen Gegendruck erfährt. Diese Variante mit aktiver Schwingungsanregung anstelle eines passiven Verfahrens, vorzugsweise im kHz-Bereich, weist den Vorteil auf, dass die Frequenz der eingebrachten Schwingung bekannt ist und dadurch die Signalauswertung vereinfacht wird. Alternativ zur mechanischen Kupplung kann beispielsweise auch ein Axialkraftsensor oder Drucksensor dafür verwendet werden, die aktive Schwingungsanregung kraft- oder druckabhängig ein- und auszuschalten.

Günstigerweise ist ein Drehwinkelsensor zur Erfassung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels des Bohrers während des Bohrens vorgesehen.

Vorteilhafterweise wird/werden die erfasste Drehzahl und/oder der erfasste Drehwinkel ebenfalls der Signalauswerteeinrichtung zur Auswertung und zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals zugeführt.

Alternativ oder zusätzlich kann ein Drehmomentsensor zur Erfassung des Drehmoments des Bohrers während des Bohrens vorgesehen sein. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass das erfasste Drehmoment ebenfalls der Signalauswerteeinrichtung zur Auswertung und zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals zugeführt wird.

Günstigerweise ist eine automatische Abschalteinrichtung zum automatischen Abschaltung nach Erkennen eines vollständigen Durchbohrens vorgesehen.

Bei dem Bohrverfahren gemäß dem zweiten Aspekt kann vorgesehen sein, dass während des Bohrens eines Bohrkanals in einen zu bohrenden Körper die Eindringtiefe eines Bohrers, die Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, und die Reflexion von Licht an dem zu bohrenden Körper vor der Bohrerspitze gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird.

Schließlich betreffen die Unteransprüche 21 bis 26 vorteilhafte Weiterentwicklungen des Bohrverfahrens.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass durch die gleichzeitige Messung der Eindringtiefe des Bohrers, der Axialkraft sowie des Körperschalls und/oder der Reflexion von Licht auf einfache und schnelle Weise das vollständige Durchdringen eines Körpers oder das Durchdringen von einer oder mehreren Materialschicht(en) eines Körpers erkannt und dadurch die Länge eines Bohrkanals durch den gesamten Körper bzw. durch eine oder mehrere Materialschicht(en) und/oder Materialübergänge ermittelt und/oder Materialschichtstärken bestimmt werden können. Bezüglich des Eingangs im Zusammenhang mit dem Bohren von Knochen beschriebenen Problems liefert die vorliegende Erfindung eine Arbeitserleichterung, indem nämlich anstelle der bisher benötigen drei Arbeitsschritte zur

Einbringung von Schrauben (Bohren, Messung der Länge eines Bohrkanals und Einbringen der Schraube) lediglich zwei Arbeitsschritte (Bohren und gleichzeitige Messung der Länge eines Bohrkanals sowie Einbringen der Schraube) benötigt werden. Zudem lässt sich die Länge des Bohrkanals genauer als bisher messen. Dies liegt an der zusätzlichen Messung des Körperschalls, der beim Bohren eines Knochens auftritt. Da Knochen aus verschiedenen Schichten bestehen, werden beim Bohren verschiedene Schwingungen bezüglich Frequenzspektrum und Amplitude erzeugt. Beim Aufsetzen des Bohrers auf die äußere Knochenschicht (Kortikales) verändern sich die Schwingungen gegenüber dem Bohren im Knochenbälkchen (Spongiosa) oder in der Knochenmarkhöhle. Beim Austritt des Bohrers aus dem Knochen wiederum nehmen die vom Bohrvorgang verursachten Schwingungen stark ab. Die von einer Körperschallmesseinrichtung aufgenommenen Schwingungen können von einer Signalauswerteeinrichtung analysiert werden. Anhand des Schwingungsprofils lassen sich die Zeitpunkte des Eintritts und Austritts des Bohrers in und aus dem Knochen identifizieren.

In einer besonderen Ausführungsform dient die Messung des Körperschalls dazu, den Zeitpunkt des Eintritts des Bohrers in einen Knochen und den Zeitpunkt des Austritts desselben aus dem Knochen zu bestimmen und anhand der zu den jeweiligen Zeitpunkten gemessenen Bohrereindringtiefen und der Bildung der Wegdifferenz die Länge des Bohrkanals zu bestimmen. Der Axialkraftmessung kann – insbesondere in diesem Zusammenhang – die Aufgabe zukommen, eine Fehldetektion des Austritts eines Bohrers aus einem Knochen beispielsweise bei Unterbrechung des Bohrvorgangs durch einen Chirurgen zu vermeiden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der mehrere Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im einzelnen erläutert werden. Dabei zeigt:

Figur 1 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung im Einsatz;

Figur 2 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung im Einsatz;

Figur 3 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung im Einsatz;

Figur 4 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung im Einsatz;

Figur 5 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung;

Figur 6 eine Seitenansicht von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung im Einsatz;

Figur 7 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung;

Figur 8 zwei Graphiken, von denen die obere die zeitlich aufgelösten Amplitudenwerte in willkürlichen Einheiten für verschiedene Frequenzanteile des Körperschallsignals in Abhängigkeit von der Zeit und die untere die gemessene Amplitude des Körperschalls in willkürlichen Einheiten in Abhängigkeit von der Zeit zeigt; und

Figur 9 eine Seitenansicht teilweise im Schnitt von einer Bohrmaschine gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt den vorderen Teil einer Bohrmaschine 10 mit einem Gehäuse 12, in dem ein Elektromotor (nicht gezeigt) und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer 14 angeordnet sind. Die Bohrmaschine 10 weist eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung auf. Diese umfasst eine den Bohrer 14 konzentrisch umgebende Hülse 16, die über einen Verschiebebereich in Längsrichtung des Bohrers 14 verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze 18 des Bohrers 14 hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist, und einen Wegsensor 20 zur Erfassung der während des Bohrens eines Bohrkanals 21 von der Hülse 16 ab Aufsetzen auf einen zu bohrenden Körper 22 von der Hülse 16 nach hinten zurückgelegten Verschiebestrecke. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich bei dem Körper 22 um einen zylindrischen Hohlkörper.

Die in der Figur 2 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von derjenigen von Figur 1 darin, dass anstelle der Hülse 16 ein sich parallel zum Bohrer 14 erstreckender Stab 24 vorgesehen ist, der über einen Verschiebebereich in seiner Längsrichtung verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze 18 des Bohrers 14 hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist. Der zu bohrende Körper 22 ist genau wie in der Figur 1 ein zylindrischer Hohlkörper.

Die in der Figur 3 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform darin, dass anstelle der Hülse 16 und des Wegsensors 20 ein optischer Abstandsmesser 26 zur Bestimmung des Abstands der Bohrmaschine 10 zu einem zu bohrenden Körper 22 während des Bohrens eines Bohrkanals 21 vorgesehen ist. Der optische Abstandsmesser umfasst einen Laser als Sender von Licht und einen Empfänger von Licht, das an der Oberfläche des Körpers 22 reflektiert wird.

In dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Körper 22 um ein Werkstück, das aus mehreren unterschiedlichen Materialschichten 28, 30, 32 und 34 besteht.

Das in der Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel darin, dass anstelle eines optischen Abstandsmessers 26 ein akustischer Abstandsmesser 36 vorgesehen ist. Dieser weist einen Ultraschall-Sender und einen Ultraschall-Empfänger auf.

Auch wenn dies in den Figuren 1 bis 4 nicht gezeigt ist, weisen die darin gezeigten Bohrmaschinen 10 zusätzlich eine Axialkraftmesseinrichtung zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer 14 auf den zu bohrenden Körper 22 gedrückt wird, während des Bohrens und eine Körperschallmesseinrichtung zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper 22 während des Bohrens sowie eine Signalauswerteeinrichtung zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen-, der Axialkraftmess- und der Körperschallmesseinrichtung gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals 21 durch den gesamten zu bohrenden Körper 22 hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper, beispielsweise beim Übergang von der Wand des Hohlkörpers in den Hohlraum bzw. beim Übergang von einer Materialschicht zur anderen auf.

In der Figur 5 ist ebenfalls ein Teil einer Bohrmaschine 10 gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Diese kann genau wie die vorangehend gezeigten und beschriebenen Bohrmaschinen als eine Handbohrmaschine verwendet werden. Zudem kann sie ebenfalls insbesondere zum Bohren von menschlichen oder tierischen Knochen eingesetzt werden. Sie weist ein Gehäuse 12 auf, in dem ein Elektromotor (nicht gezeigt) und ein von diesem angetriebener Bohrermechanismus mit einem Bohrer 14 angeordnet sind. Der Bohrmechanismus umfasst eine Werkzeugwelle 38 (Bohrgestänge). Entlang der Werkzeugwelle 38 sind ausgehend von dem Bohrerschaft 40 nach hinten ein Drucksensor 42 zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer auf den zu bohrenden Körper gedrückt wird, während des Bohrens, ein Drehwinkelsensor 44 zur Erfassung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels des Bohrers 14 während des Bohrens, ein, vorzugsweise induktiv ausgeführter, Schwingungssensor 46 zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper 22 (Körperschall) während des Bohrens, ein elektromagnetischer Schwingungsanreger 48 zur aktiven Anregung von mechanischen Schwingungen in dem Bohrer 14 und ein

Drehmomentsensor 50 zur Erfassung des Drehmoments des Bohrers 14 während des Bohrens vorgesehen. Die Werkzeugwelle 38 ist so gelagert, dass der Bohrer 14 kleine Axialbewegungen durchführen kann, um die aktive Schwingungsanregung mittels des elektromagnetischen Schwingungsanregers 48 zu ermöglichen. Eine Signalauswerteeinrichtung (nicht gezeigt) in der Bohrmaschine 10 wertet die von einer Bohrereindringtiefenmesseinrichtung (nicht gezeigt) der Bohrmaschine 10 gelieferten Messwerte für die Eindringtiefe des Bohrers 14 während des Bohrens eines Bohrkanals in den Körper sowie die von dem Drucksensor 42, dem Drehwinkelsensor 44, dem Schwingungssensor 46 und dem Drehmomentsensor 50 gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals 21 aus.

In dem in Figur 5 gezeigten Beispiel erfolgt eine aktive Anregung von mechanischen Schwingungen mittels eines induktiven Systems mit einem elektromagnetischen Anregungssystem (elektromagnetischer Schwingungsanreger 48). Der elektromagnetische Schwingungsanreger 48 weist dazu eine Spule auf oder umfasst diese.

Die in Figur 5 bei 48 gezeigte Spule kann auch zur Messung der Axialbewegung der Werkzeugwelle 38 und damit auch des Bohrers 14 verwendet werden, indem die sich axial bewegende Werkzeugwelle 38 in der Spule zu einer Magnetfeldänderung führt, die eine Spannung induziert. Die Höhe der induzierten Spannung ist abhängig von der Amplitude und der Beschleunigung der Axialbewegung. Damit ließe sich das elektromagnetische Schwingungsanregungssystem als Sensor für die Axialbewegung des Bohrers 14 und damit für einen Materialübergang verwenden. Zur induktiven Messung der Axialbewegung könnte es in bestimmten Fällen jedoch praktikabler sein, entlang der Werkzeugwelle 38 eine weitere Spule vorzusehen.

Anstelle der Bestimmung der Axialbewegung und damit der Bestimmung eines Materialübergangs durch Schwingungsanregung mit konstanter Energie, die auch als weiche Schwingungsanregung bezeichnet werden kann, könnte auch eine „harte“

Schwingungsanregung erfolgen, nämlich mit konstanter Frequenz und Amplitude, zum Beispiel mittels eines Piezoaktuators. Es ist noch wichtig anzumerken, dass der vorangehend beschriebene Aspekt der Messung der Axialbewegung und der Bestimmung eines Materialübergangs zusätzlich, aber auch alternativ zu den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet sein kann.

Die Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Bohrmaschine 10 im Einsatz beim Bohren eines Oberschenkelknochens (Femur) 52. Besagte Bohrmaschine weist ein Gehäuse 12 auf, dessen hinteres Ende abgewinkelt ist und einen Handgriff 54 bildet. In dem Gehäuse sind unter anderem ein Elektromotor 56 und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Getriebe 58, einer Werkzeugwelle 38 und einem Bohrer 14 angeordnet. Genau wie bei der in der Figur 1 gezeigten Bohrmaschine sind eine Hülse 16 und ein Wegsensor 20 zur Messung der Eindringtiefe des Bohrers während des Bohrens eines Bohrkanals in den Oberschenkelknochen 52 vorgesehen. Desweiteren weist die Bohrmaschine entlang der Werkzeugwelle 38 ausgehend von dem Bohrerschaft 40 nach hinten einen Schwingungssensor 46 und einen Drucksensor 42 auf. Ein Piezo-Schwingungsanreger 60 (Piezo-Shaker) ist neben der Werkzeugwelle 38 angeordnet und damit zur Einkopplung von aktiv erzeugten mechanischen Schwingungen gekoppelt. Zudem enthält die Bohrmaschine 10 auch eine Signalauswerteeinrichtung 62 nebst Anzeigeeinrichtung zur Auswertung und Anzeige der von dem Wegsensor 20, dem Schwingungssensor 46 und dem Drucksensor 42 gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals durch den gesamten zu bohrenden Körper 22 hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper 22.

Die Eindringtiefe des Bohrers 14 wird mit Hilfe der verschiebbaren Hülse 16 gemessen, die in der Bohrmaschine mit dem Wegsensor 20 gekoppelt ist. Dazu wird die Hülse 16 auf den Oberschenkelknochen 52 aufgesetzt und wird der drehende Bohrer 14 gegen den Oberschenkelknochen 52 gedrückt. Sobald ein Kontakt zustande kommt, kann die Axialkraft über den Drucksensor 42 gemessen werden. Ab diesem Zeitpunkt wird die Verschiebung der Hülse 16 mittels des Wegsensors 20 gemessen, solange bis die Axialkraft beim Austreten des

Bohrers 14 aus dem Oberschenkelknochen 52 sprunghaft abnimmt. Knochen bestehen üblicherweise aus verschiedenen Schichten. Die Knochenwand (Kortikalis) ist in der Regel härter als das Innere eines Knochens (Spongiosa). Dies hat zur Folge, dass die Axialkraft während des Bohrvorgangs variiert.

Die Wegdifferenz zwischen dem Aufsetzen des Bohrers 14 und dem detektierten Austreten des Bohrers 14 auf der gegenüberliegenden Seite des Oberschenkelknochens 52 entspricht der Länge des Bohrkanals. Mit Hilfe der Signalauswerteeinrichtung 62 werden die Messwerte des Wegsensors 20 und des Drucksensors 42 miteinander kombiniert und für die Bestimmung der Länge des Bohrkanals ausgewertet. Dazu sollte die Signalauswertung so ausgelegt sein, dass sie für verschiedene Knochentypen und Bohr-Szenarien verlässliche Messwerte liefert. Zusätzlich werden die Messwerte des Schwingungssensors 46, der die Schwingungen erfasst, die beim Bohren des Knochens auftreten, verwendet. Anhand der so festgestellten Länge des Bohrkanals können anschließend Schrauben in der passenden Länge herausgesucht werden.

Die in der Figur 7 gezeigte Bohrmaschine 10, bei der die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist, unterscheidet sich unter anderem von der in der Figur 5 gezeigten Bohrmaschine darin, dass der Schwingungsanreger ein Piezo-Schwingungsanreger 60 ist. Zudem unterscheidet er sich von der in der Figur 6 gezeigten Ausführungsform darin, dass er eine Kupplung 64 zum mechanischen Einkoppeln der Schwingungen des Piezo-Schwingungsanreger 60, sobald eine Axialkraft auf den Bohrer 14 einwirkt, vorgesehen ist.

In der Figur 8 sind beispielhafte Ergebnisse von Körperschallmessungen während des Bohrens in einem Knochen (Rinderoberschenkel, Hinterbein) gezeigt. Der Körperschall wurde mittels eines Piezo-Schwingungssensors gemessen, der sich auf einem Aluminiumstab befand, der mit der Knochenoberfläche mechanisch gekoppelt war.

In der Figur 8 wird zwischen den zeitlichen Abschnitten 1, 2, 3 und 4 unterschieden.

1. Durchbohren der ersten Knochenrinde

Hier ist das Eintreten des Bohrers und die Abnahme von Knochenmaterial zu erkennen (steigende Flanke). Das rapide Abfallen der Kurve bei Punkt b markiert den Zeitpunkt, zu dem die zwei vorangehenden Schneiden des Bohrers kein Material mehr erfassen können, d. h. zum Zeitpunkt b hat der Bohrer bereits die erste Knochenrinde durchbrochen.

2. Bohrung im Knochenmark

Hier wird das Knochenmark gebohrt. Das Ende dieses Zeitbereiches bildet der Peak zum Intervallende, der auf das Auftreffen der Bohrerspitze auf die Innenwand der Knochenrinde zurückzuführen ist.

3. Durchbohren der zweiten Knochenrinde

Im Bereich 3 ist das Verhaken der Hauptschneide des Bohrers mit dem harten Knochenrindenmaterial zu erkennen. Der zweite Peak im Bereich 3 markiert das Ende des Bohrvorganges – das Durchbrechen des Bohrers durch die zweite Knochenwand.

4. Bohren im Leerlauf und Stopp der Rotationsbewegung

Zu Beginn des Bereiches 4 ist die sinkende Umdrehungsgeschwindigkeit des Bohrers bis zum völligen Stillstand der Bohrspindel zu erkennen. Signale im Bereich 4 unterscheiden sich deutlich von dem vorherigen Bohrprozess und lassen sich deshalb gut analytisch von dem Bohrprozess abgrenzen.

Figur 9 zeigt den vorderen Teil einer Bohrmaschine 10 gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung mit einem Gehäuse 12, in dem ein Elektromotor (nicht

gezeigt) und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer 14 angeordnet sind. Die Bohrmaschine 10 weist eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung auf, die der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt ist. Beispielsweise kann es sich um eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung handeln, die in einer der Figuren 1 bis 3 gezeigt ist. Zusätzlich oder alternativ zu einer Körperschallmesseinrichtung (nicht gezeigt) zur Messung des Schalls in einem zu bohrenden Körper während des Bohrens weist sie eine Reflexionsmesseinrichtung 65 zur Messung der Reflexion von Licht an dem zu bohrenden Körper vor der Bohrspitze während des Bohrens auf. Dazu weist der Bohrer 14 in seiner Längserstreckung mittig einen Kanal 66 (optischen Tunnel/optischen Messkanal) auf. Die Reflexionsmesseinrichtung 65 weist eine Lichtquelle 68, ein Lichteinkoppelelement 76 und einen Lichtleiter 70 zum Einkoppeln und Lenken von Licht auf den zu bohrenden Körper vor der Bohrerspitze auf. Das eingekoppelte Licht wird teilweise zurückreflektiert und über den Lichtleiter 70 sowie ein Lichtauskoppelelement 74 einem Lichtsensor 72 zugeführt. Das dem Lichtsensor 72 zugeführte Licht wird ausgewertet. Die Auswertung beruht dabei auf der Annahme, dass das reflektierte Licht durch die unterschiedlichen optischen Eigenschaften der verschiedenen Materialschichten 28, 30, 32 und 34 unterschiedlich ausfallen wird. Beispielsweise lassen sich die Lichtintensität und mit einem farbempfindlichen Lichtsensor die spektrale Lichtverteilung auswerten.

Die in der Figur 9 gezeigte Ausführungsform weist zusätzlich eine Axialkraftmesseinrichtung (nicht gezeigt) zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer 14 auf den zu bohrenden Körper 22 gedrückt wird, während des Bohrens sowie eine Signalauswerteinrichtung zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen, der Axialkraft-, der Reflexions- und gegebenenfalls auch der Körperschallmesseinrichtung gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals 21 durch den gesamten zu bohrenden Körper 22 hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper, beispielsweise beim Übergang von einer Materialschicht zur anderen auf.

Wenn die Reflexionsmesseinrichtung 65 zusätzlich zur Körperschallmesseinrichtung vorgesehen ist, so sollte die Aussagekraft des Gesamtsystems erhöht und das Gesamtsystem robuster gestaltet werden können.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Ansprüche

1. Bohrmaschine (10), insbesondere medizinische Bohrmaschine, mit einem Gehäuse (12), in dem ein Motor, vorzugsweise ein Elektromotor (56), und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer (14) angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

sie ferner eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung zur Messung der Eindringtiefe des Bohrers während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in einen zu bohrenden Körper (22),

eine Axialkraftmesseinrichtung zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer (14) auf den zu bohrenden Körper (22) gedrückt wird, während des Bohrens,

eine Körperschallmesseinrichtung zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper (22) während des Bohrens und

eine Signalauswerteeinrichtung (62) zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen-, der Axialkraftmess- und der Körperschallmesseinrichtung gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper (22) aufweist.

2. Bohrmaschine (10), insbesondere medizinische Bohrmaschine, mit einem Gehäuse (12), in dem ein Motor, vorzugsweise ein Elektromotor (56), und ein von diesem angetriebener Bohrmechanismus mit einem Bohrer (14) angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

sie ferner eine Bohrereindringtiefenmesseinrichtung zur Messung der Eindringtiefe des Bohrers während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in einen zu bohrenden Körper (22),

eine Axialkraftmesseinrichtung zur Messung der Axialkraft, mit der der Bohrer (14) auf den zu bohrenden Körper (22) gedrückt wird, während des Bohrens,

eine Reflexionsmesseinrichtung (65) zur Messung der Reflexion von Licht an den zu bohrenden Körper (22) vor der Bohrerspitze während des Bohrens und

eine Signalauswerteeinrichtung (62) zur Auswertung der von der Bohrereindringtiefen-, der Axialkraftmess- und der Reflexionsmesseinrichtung (65) gelieferten Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper (22) aufweist.

3. Bohrmaschine (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Körperschallmesseinrichtung zur Messung des Schalls in dem zu bohrenden Körper (22) während des Bohrens aufweist.

4. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Handbohrmaschine ist.

5. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung eine den Bohrer (14) konzentrisch umgebende Hülse (16), die über einen Verschiebebereich in Längsrichtung des Bohrers (14) verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze (18) des Bohrers (14) hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist, und einen Wegsensor (20) zur

Erfassung der während des Bohrens von der Hülse (16) ab Aufsetzen auf den zu bohrenden Körper (22) von der Hülse (16) nach hinten zurückgelegten Verschiebestrecke aufweist.

6. Bohrmaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen sich parallel zum Bohrer (14) erstreckenden Stab (24), der über einen Verschiebebereich in seiner Längsrichtung verschiebbar und in einer vordersten zur Spitze des Bohrers (14) hin gelegenen Position des Verschiebebereiches elastisch vorgespannt ist, und einen Wegsensor (20) zur Erfassung der während des Bohrens (14) von dem Stab (24) ab Aufsetzen auf den zu bohrenden Körper (22) von dem Stab (24) nach hinten zurückgelegten Verschiebestrecke aufweist.

7. Bohrmaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen optischen Abstandsmesser (26), insbesondere Laserabstandsmesser, zur Bestimmung des Abstands der Bohrmaschine (10) zu einem zu bohrenden Körper (22) während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in selbigen aufweist.

8. Bohrmaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrereindringtiefenmesseinrichtung einen akustischen Abstandsmesser (36), insbesondere Ultraschallabstandsmesser, zur Bestimmung des Abstands der Bohrmaschine (10) zu einem zu bohrenden Körper (22) während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in selbigen aufweist.

9. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Axialkraftmesseinrichtung einen Drucksensor (42), insbesondere eine Kraftmessdose, aufweist.

10. Bohrmaschine (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (42) zwischen dem hinteren Ende des Bohrers (14) und einer zum Bohrmechanismus gehörigen Werkzeugwelle (38) oder auf oder in der Werkzeugwelle (38) angeordnet ist.

11. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Körperschallmesseinrichtung einen Schwingungssensor (46) zwischen dem hinteren Ende des Bohrers (14) und der Werkzeugwelle (38) oder auf oder in der Werkzeugwelle (38) aufweist.

12. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schwingungsanreger (48) zur aktiven Anregung von mechanischen Schwingungen in dem Bohrer (14) vorgesehen ist.

13. Bohrmaschine (10) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine vorzugsweise mechanische Kupplung (64) vorgesehen ist, die so gestaltet ist, dass sie von dem Schwingungsanreger (48) erzeugte Schwingungen nur dann einkoppelt, wenn der Bohrer (14) nach dem Aufsetzen auf einen zu bohrenden Körper (22) einen Gegendruck erfährt.

14. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehwinkelsensor (44) zur Erfassung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels des Bohrers (14) während des Bohrens vorgesehen ist.

15. Bohrmaschine (10) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Drehzahl und/oder der erfasste Drehwinkel ebenfalls der Signalauswerteeinrichtung (62) zur Auswertung und zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) zugeführt wird/werden.

16. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehmomentsensor (50) zur Erfassung des Drehmoments des Bohrers (14) während des Bohrens vorgesehen ist.

17. Bohrmaschine (10) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das erfasste Drehmoment ebenfalls der Signalauswerteeinrichtung (62) zur Auswertung und zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) zugeführt wird.

18. Bohrmaschine (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine automatische Abschalteinrichtung zur automatischen Abschaltung nach Erkennen eines vollständigen Durchbohrens vorgesehen ist.

19. Bohrverfahren, insbesondere medizinisches Bohrverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in einen zu bohrenden Körper (22) die Eindringtiefe eines Bohrers (14), die Axialkraft, mit der der Bohrer (14) auf den zu bohrenden Körper (22) gedrückt wird, und der Körperschall in dem zu bohrenden Körper (22) gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper (22) ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird.

20. Bohrverfahren, insbesondere medizinisches Bohrverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens eines Bohrkanals (21) in einen zu bohrenden Körper (22) die Eindringtiefe eines Bohrers (14), die Axialkraft, mit der der Bohrer (14) auf den zu bohrenden Körper (22) gedrückt wird, und die Reflexion von Licht an dem zu bohrenden Körper (22) vor der Bohrerspitze gleichzeitig gemessen und die Messwerte zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper (22) ausgewertet werden und die Länge ausgegeben, insbesondere angezeigt wird.

21. Bohrverfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens der Körperschall in dem zu bohrenden Körper (22) gleichzeitig gemessen wird und die Messwerte ebenfalls zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) durch den gesamten zu bohrenden Körper (22) hindurch oder bis zu einem, insbesondere sprunghaften, Materialübergang in dem zu bohrenden Körper (22) ausgewertet werden.

22. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass während des Bohrens mechanische Schwingungen aktiv erzeugt und in den Bohrer (14) eingekoppelt werden.

23. Bohrverfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mechanische Schwingungen außerhalb des Bohrers (14) aktiv erzeugt und in den Bohrer (14) vorzugsweise nur dann eingekoppelt werden, wenn der Bohrer (14) nach dem Aufsetzen auf einen zu bohrenden Körper (22) einen Gegendruck erfährt.

24. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl und/oder der Drehwinkel des Bohrers (14) während des Bohrens erfasst und ebenfalls für die Auswertung zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) verwendet wird/werden.

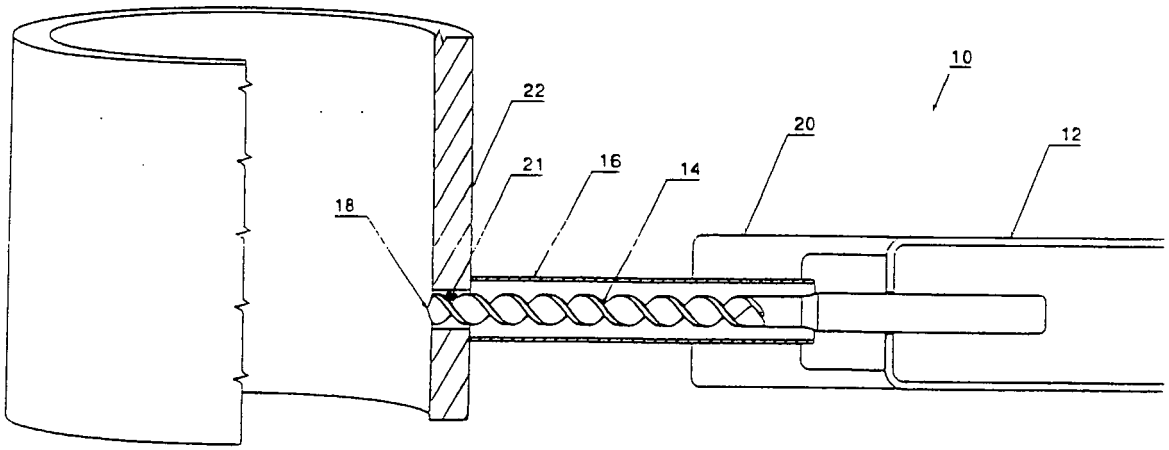
25. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehmoment des Bohrers (14) während des Bohrens erfasst und ebenfalls für die Auswertung zur Bestimmung der Länge des Bohrkanals (21) verwendet wird.

26. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte auch zur Ermittlung von Materialübergängen und/oder zur Bestimmung von Materialschichtstärken verwendet werden.

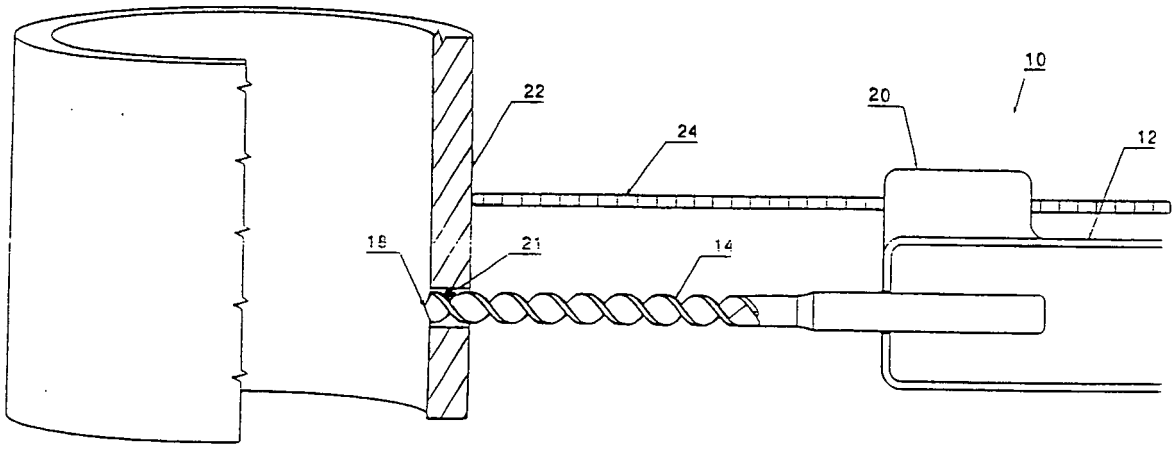
Bezugszeichenliste

10	Bohrmaschine
12	Gehäuse
14	Bohrer
16	Hülse
18	Spitze
20	Wegsensor
21	Bohrkanal
22	Körper
24	Stab
26	optischer Abstandsmesser
28, 30, 32, 34	Materialschichten
36	akustischer Abstandsmesser
38	Werkzeugwelle
40	Bohrerschaft
42	Drucksensor
44	Drehwinkelsensor
46	Schwingungssensor
48	elektromagnetischer Schwingungsanreger
50	Drehmomentsensor

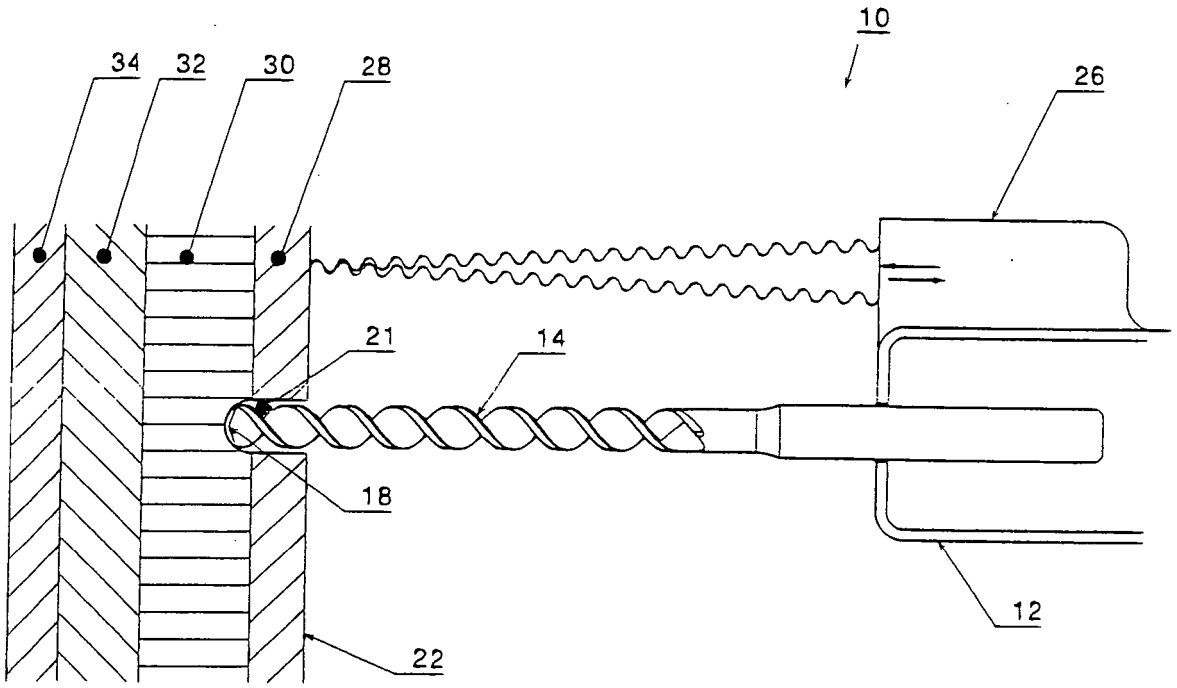
52	Oberschenkelknochen
54	Handgriff
56	Elektromotor
58	Getriebe
60	Piezo-Schwingungsanreger
62	Signalauswerteeinrichtung
64	Kupplung
65	Reflexionsmesseinrichtung
66	Kanal
68	Lichtquelle
70	Lichtleiter
72	Lichtsensor
74	Lichtauskoppelelement
76	Lichteinkoppelelement



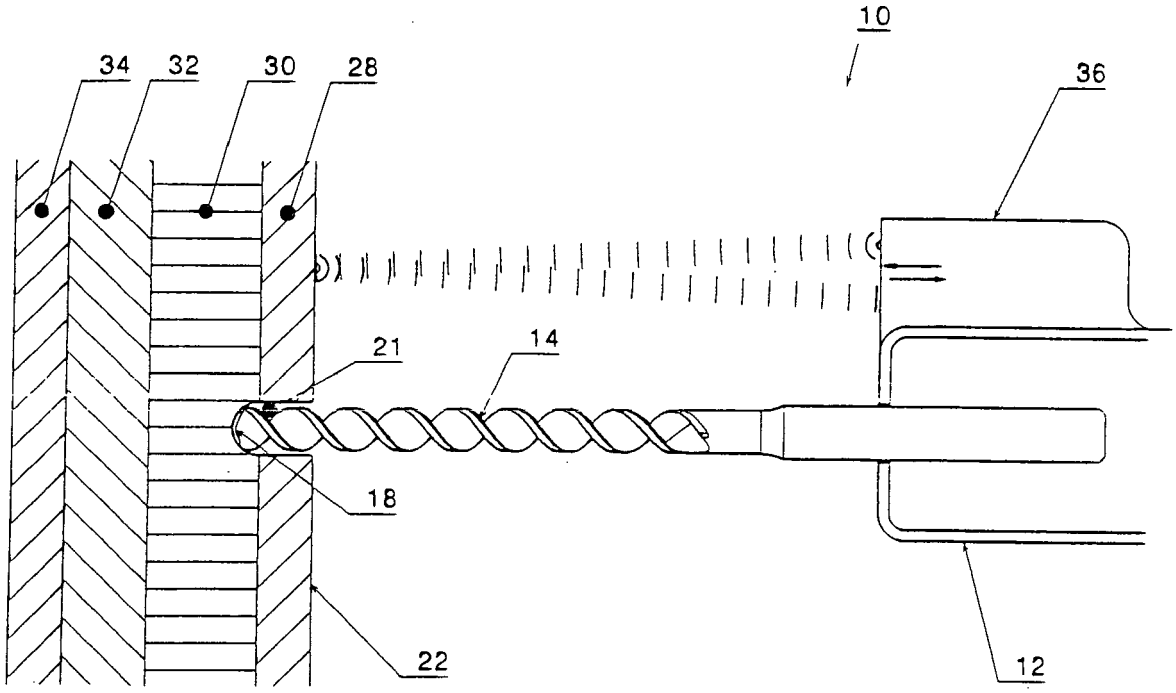
Figur 1



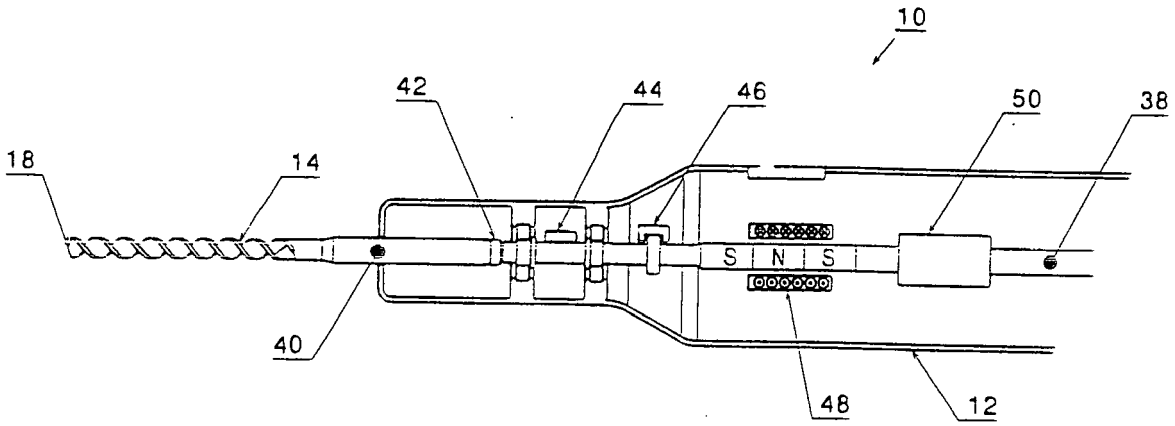
Figur 2



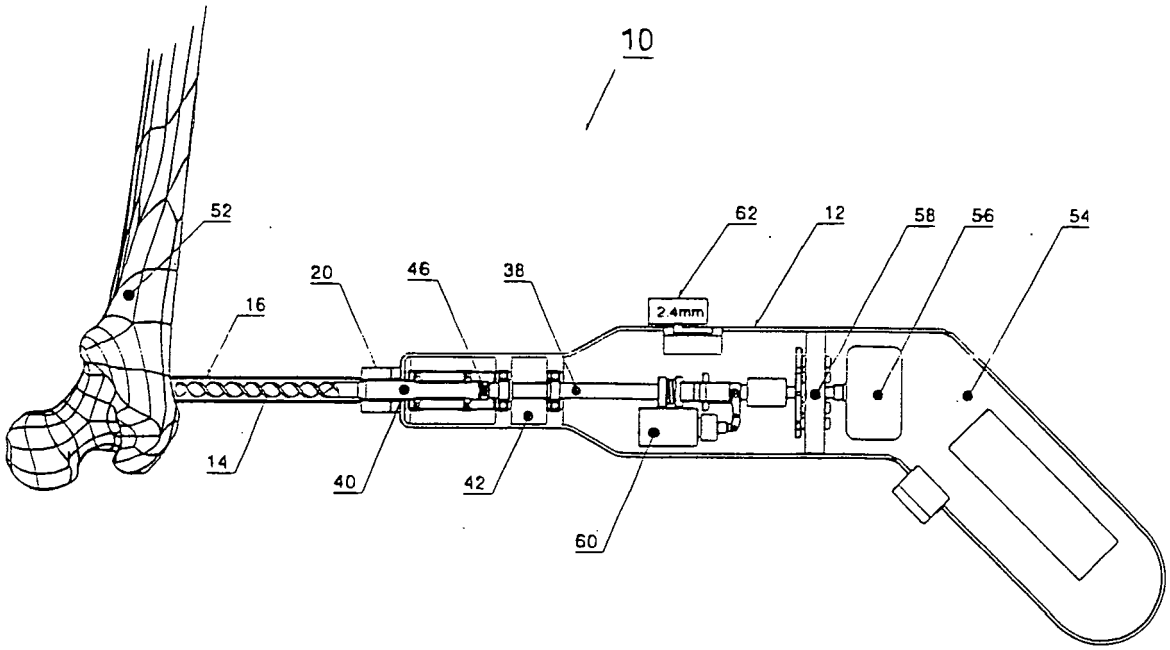
Figur 3



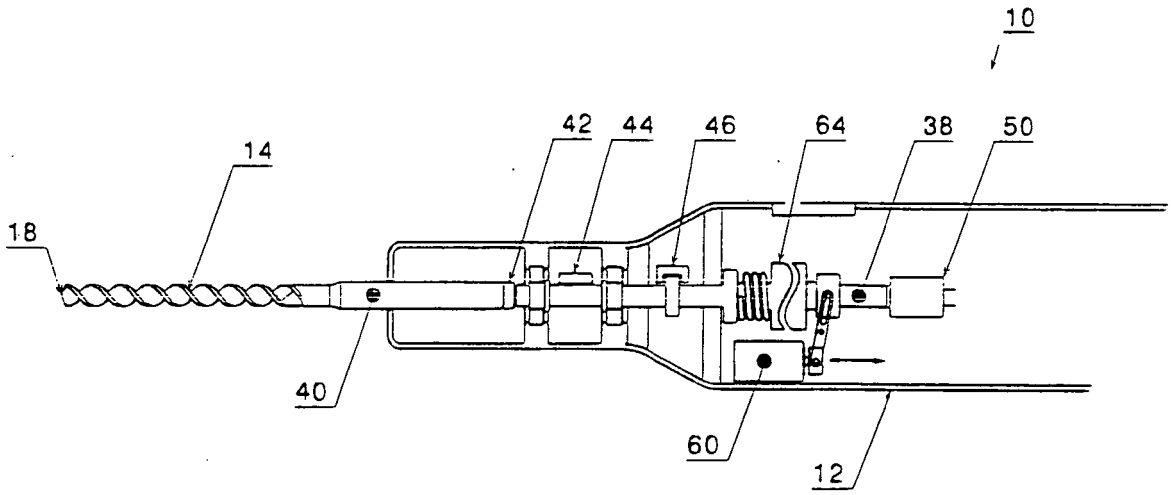
Figur 4



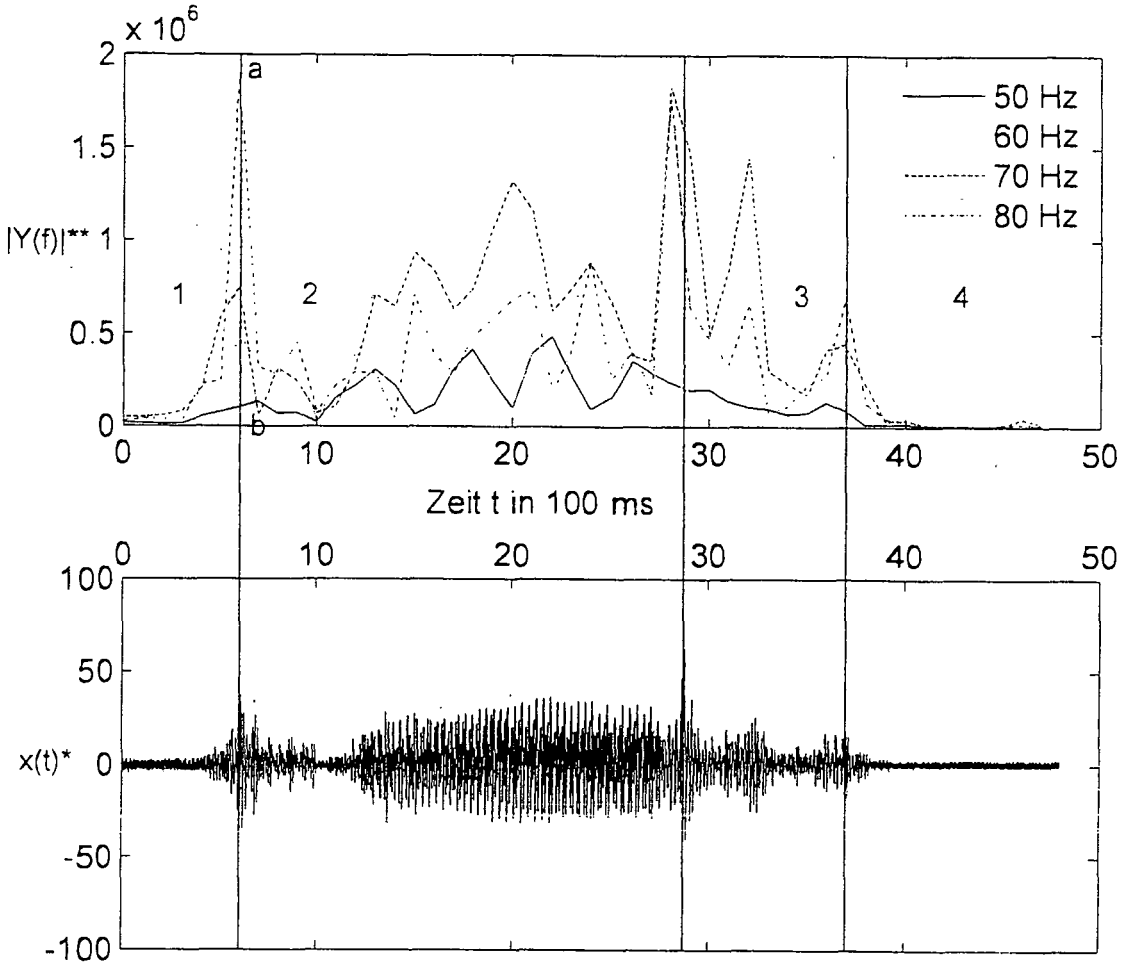
Figur 5



Figur 6

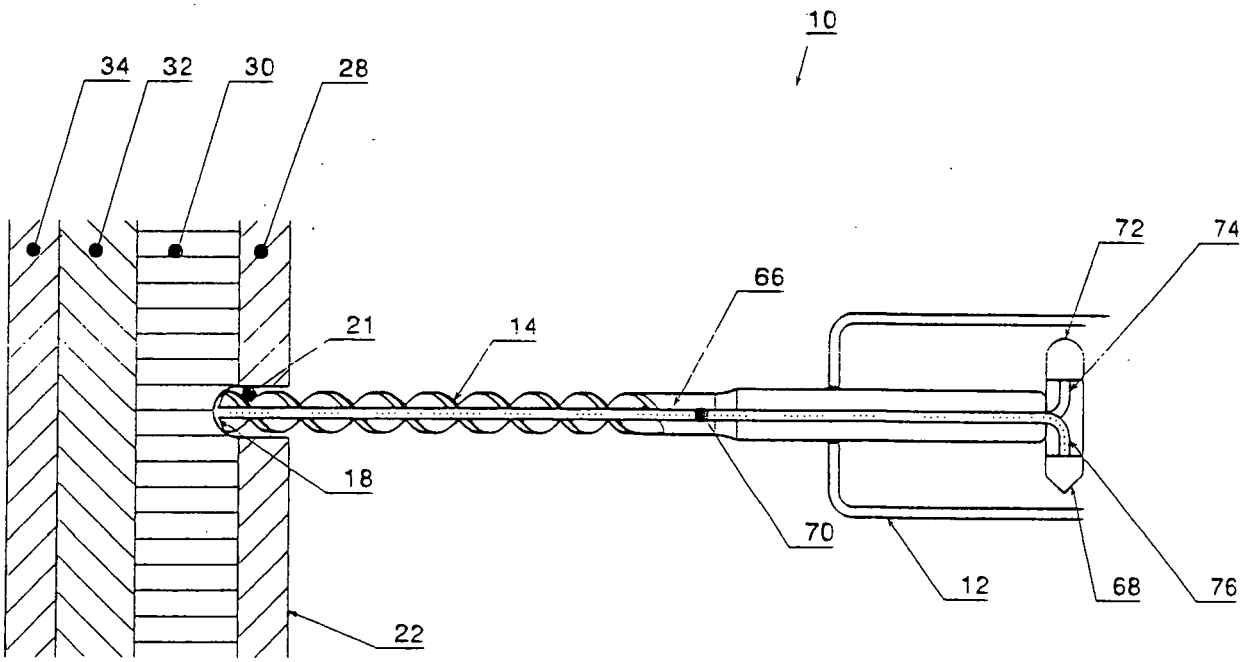


Figur 7



* gemessene Amplitude des Körperschallsignals in willkürlichen Einheiten

** zeitlich aufgelöster Betrag der Amplitude unterschiedlicher Frequenzanteile des Körperschalls



Figur 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B17/16 A61B17/17 A61C1/08 B23B49/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B B23B A61C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/116673 A1 (CARL ALLEN A [US] ET AL) 2 June 2005 (2005-06-02)	1,4,6, 8-11, 14-19, 24-26
Y	paragraphs [0004], [0006], [0007], [0009], [0010], [0035] - [0038], [0040], [0045] - [0047], [0051], [0052], [0054], [0057], [0067], [0074], [0084], [0088]; figures	2,3,5,7, 12,13, 20-23
Y	DE 10 2006 061726 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3 July 2008 (2008-07-03)	2,3,20, 21
A	paragraphs [0037], [0030]; figures	6
Y	DE 103 03 964 A1 (OETTINGER WOLFGANG [DE]) 19 August 2004 (2004-08-19) paragraph [0042]; figures	5

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
5 November 2012	15/11/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hagberg, Åsa

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000787

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/251294 A1 (CERWIN JOHN [US]) 10 November 2005 (2005-11-10) paragraph [0025]	7
Y	EP 2 030 587 A1 (SIRONA DENTAL SYSTEMS GMBH [DE]) 4 March 2009 (2009-03-04) the whole document	12,13, 22,23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2012/000787

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005116673 A1	02-06-2005	NONE	
DE 102006061726 A1	03-07-2008	DE 102006061726 A1	03-07-2008
		WO 2008080713 A1	10-07-2008
DE 10303964 A1	19-08-2004	DE 10303964 A1	19-08-2004
		EP 1596731 A1	23-11-2005
		US 2006241628 A1	26-10-2006
		WO 2004066850 A1	12-08-2004
US 2005251294 A1	10-11-2005	EP 1747443 A2	31-01-2007
		US 2005251294 A1	10-11-2005
		WO 2005114127 A2	01-12-2005
EP 2030587 A1	04-03-2009	DE 102007041016 A1	05-03-2009
		EP 2030587 A1	04-03-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2012/000787

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61B17/16 A61B17/17 A61C1/08 B23B49/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A61B B23B A61C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/116673 A1 (CARL ALLEN A [US] ET AL) 2. Juni 2005 (2005-06-02)	1,4,6, 8-11, 14-19, 24-26
Y	Absätze [0004], [0006], [0007], [0009], [0010], [0035] - [0038], [0040], [0045] - [0047], [0051], [0052], [0054], [0057], [0067], [0074], [0084], [0088]; Abbildungen	2,3,5,7, 12,13, 20-23
Y	DE 10 2006 061726 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. Juli 2008 (2008-07-03)	2,3,20, 21
A	Absätze [0037], [0030]; Abbildungen	6
Y	DE 103 03 964 A1 (OETTINGER WOLFGANG [DE]) 19. August 2004 (2004-08-19) Absatz [0042]; Abbildungen	5

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. November 2012	15/11/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hagberg, Åsa

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2012/000787

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2005/251294 A1 (CERWIN JOHN [US]) 10. November 2005 (2005-11-10) Absatz [0025]	7
Y	EP 2 030 587 A1 (SIRONA DENTAL SYSTEMS GMBH [DE]) 4. März 2009 (2009-03-04) das ganze Dokument	12,13, 22,23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2012/000787

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005116673 A1	02-06-2005	KEINE	
DE 102006061726 A1	03-07-2008	DE 102006061726 A1	03-07-2008
		WO 2008080713 A1	10-07-2008
DE 10303964 A1	19-08-2004	DE 10303964 A1	19-08-2004
		EP 1596731 A1	23-11-2005
		US 2006241628 A1	26-10-2006
		WO 2004066850 A1	12-08-2004
US 2005251294 A1	10-11-2005	EP 1747443 A2	31-01-2007
		US 2005251294 A1	10-11-2005
		WO 2005114127 A2	01-12-2005
EP 2030587 A1	04-03-2009	DE 102007041016 A1	05-03-2009
		EP 2030587 A1	04-03-2009