

(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
22. Februar 2007 (22.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/019870 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61B 17/16 (2006.01) A61B 17/32 (2006.01)
A61B 17/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/008775

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. August 2005 (12.08.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): A & M ELECTRIC TOOLS GMBH [DE/DE];
Max-Eyth-Strasse 10, 71364 Winnenden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FOHR, Diethard [DE/DE]; Königsberger Ring 27, 71364 Winnenden (DE).
HESS, Achim [DE/DE]; Kleinheppacher Weg 3, 71404 Korb (DE).

(74) Anwälte: RIEDEL, Peter usw.; Menzelstrasse 40, 70192 Stuttgart (DE).

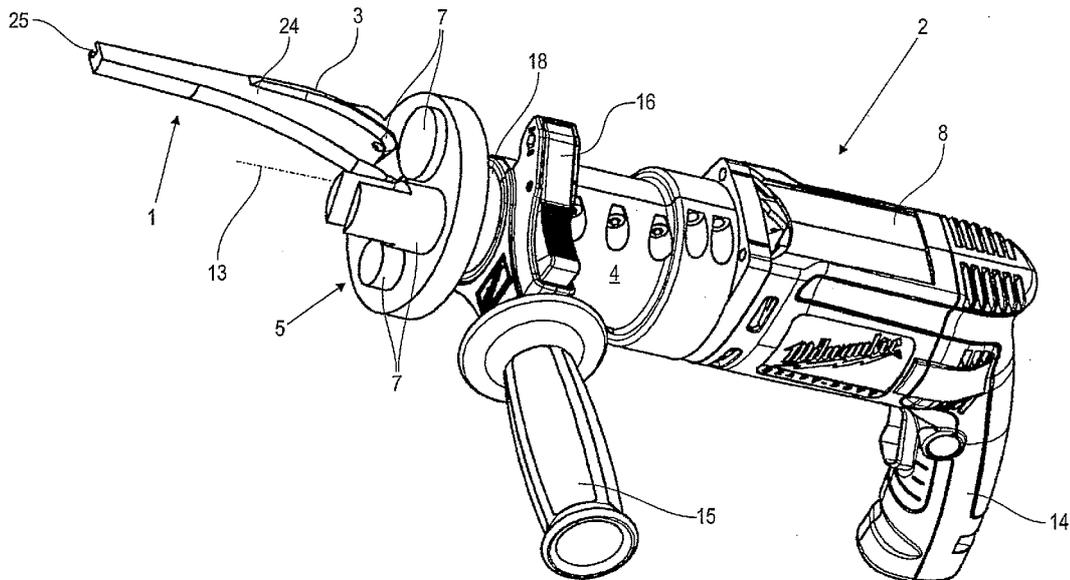
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROCESSING SYSTEM FOR THE TREATMENT OF A BONE OF A LIVING BODY

(54) Bezeichnung: BEARBEITUNGSSYSTEM ZUR BEHANDLUNG EINES KNOCHENS EINES LEBENDEN KÖRPERS



(57) Abstract: The invention relates to a processing system for treating a bone (19) of a living body. Said processing system comprises a tool (1) acting upon the bone (19) of the body, a manually guided machine tool (2) driving the tool (1), and an implant (23). The tool (1) is designed for creating a supporting bore (20) for the implant (23) in the bone (19). The tool (1) is configured as a sonotrode (3) which performs sympathetic oscillations at least at one natural frequency. The machine tool (2) is provided with a vibration generator (4) that acts upon the sonotrode (3). The natural oscillation frequency of the sonotrode (3) mounted on the machine tool (2) and the excitation frequency of the vibration generator (4) are synchronized in order to generate a sympathetic oscillation of the sonotrode (3). A boring section (24) of the sonotrode (3) has the shape of a fastening section (6) of the implant (6), which is accommodated in the bone (19) by means of the supporting bore (20).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/019870 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Bearbeitungssystem zur Behandlung eines Knochens (19) eines lebenden Körpers. Das Bearbeitungssystem umfasst ein auf den Knochen (19) des Körpers wirkendes Werkzeug (1), eine das Werkzeug (1) antreibende handgeführte Werkzeugmaschine (2) und ein Implantat (23), wobei das Werkzeug (1) zur Herstellung einer Aufnahmebohrung (20) für das Implantat (23) in den Knochen (19) vorgesehen ist. Das Werkzeug (1) ist als in mindestens einer Eigenfrequenz in Resonanz schwingende Sonotrode (3) ausgebildet. Die Werkzeugmaschine (2) weist einen auf die Sonotrode (3) wirkenden Schwingungserreger (4) auf. Die Eigenschwingungsfrequenz der an der Werkzeugmaschine (2) gehaltenen Sonotrode (3) und die Erregerfrequenz des Schwingungserregers (4) sind zur Erzeugung einer Resonanzschwingung der Sonotrode (3) aufeinander abgestimmt. Ein Bohrabchnitt (24) der Sonotrode (3) weist die Form eines von der Aufnahmebohrung (20) im Knochen (19) aufgenommenen Befestigungsabschnitts (6) des Implantats (23) auf.

Bearbeitungssystem zur Behandlung eines Knochens eines
lebenden Körpers

Die Erfindung betrifft ein Bearbeitungssystem zur Behandlung eines Knochens eines lebenden Körpers mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Verwendung dieses Bearbeitungssystems sowie eine Verwendung eines Implantats.

In der Chirurgie an lebenden menschlichen oder tierischen Körpern werden Implantate in den Knochen des Körpers eingesetzt. Solche Implantate können beispielsweise Teile von künstlichen Hüftgelenken, Anker für künstliche Zähne, Nägel zur Fixierung komplizierter Knochenbrüche oder dergleichen sein.

Mit einer geeigneten Bohrmaschine werden Aufnahmebohrungen in den freigelegten und vorbereiteten Knochen eingebracht, die zur Aufnahme eines Befestigungsabschnittes des Implantats vorgesehen sind. Bohrmaschinen bekannter Bauweise erzeugen eine Drehbewegung des Bohrers, der die Aufnahmebohrung mit einem kreisförmigen Querschnitt in das Knochenmaterial schneidet bzw. fräst. Anschließend wird das Implantat mit seinem Befestigungsabschnitt in die vorbereitete Aufnahmebohrung eingesetzt. Nach einem Prozeß der Wundheilung umwächst der durch die Aufnahmebohrung verletzte Knochen das Implantat.

Die Ausführung der Aufnahmebohrung und die damit verbundene Verletzung des Knochenmaterials kann eine u. U. erhebliche Beeinträchtigung des lebenden Organismus bewirken. Die erforderliche Größe des kreisförmigen Bohrungsquerschnittes kann

den Knochen übermäßig schwächen und zu Beeinträchtigungen bei der Belastbarkeit führen. Bei der Ausführung der Bohrung ist die entstehende Reibungswärme zu beachten, die im Hinblick auf die Gefahr einer Einweißgerinnung ein Grenzmaß von beispielsweise 50° C nicht überschreiten darf. Die Einhaltung der erforderlichen hygienischen Bedingungen ist schwierig.

Es kann auch erforderlich sein, eingesetzte bzw. eingewachsene Implantate wie verschlissene Hüftgelenksprothesen oder Nägel zur Fixierung eines komplizierten Knochenbruchs wieder zu entfernen. Auch eine solche Entfernung schädigt den Knochen und belastet den Patienten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bearbeitungssystem anzugeben, mit dem eine zielgerichtete Behandlung eines Knochens unter Minimierung der unvermeidlichen Verletzung des Knochenmaterials erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Bearbeitungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der Erfindung liegt des weiteren die Aufgabe zugrunde, ein im Knochen festsitzendes Implantat vereinfacht zu lösen.

Diese Aufgabe wird durch eine Verwendung eines Bearbeitungssystems mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

Der Erfindung liegt noch die Aufgabe zugrunde, ein geeignetes Bohrwerkzeug zum Bohren der Aufnahmebohrung in den Knochen anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch eine Verwendung des Implantats als Bohrwerkzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst.

Nach der erfindungsgemäßen Anordnung ist vorgesehen, daß das Werkzeug als in mindestens einer Eigenfrequenz in Resonanz schwingende Sonotrode ausgebildet ist. Die Werkzeugmaschine weist einen auf die Sonotrode wirkenden Schwingungserreger auf. Die Eigenschwingungsfrequenz der an der Werkzeugmaschine gehaltenen Sonotrode und die Erregerfrequenz des Schwingungserregers sind zur Erzeugung einer Resonanzschwingung der Sonotrode aufeinander abgestimmt. Die Erregerfrequenz und die Eigenschwingungsfrequenz liegen bevorzugt oberhalb von 10 KHz und insbesondere im Ultraschallbereich. Der Schwingungserreger ist zweckmäßig als Piezoerreger ausgebildet. Ein Bohrabchnitt der Sonotrode weist die Form eines von der Aufnahmebohrung im Knochen aufgenommenen Befestigungsabschnittes des Implantats auf.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung kann eine zielgerichtete Behandlung eines Knochens unter minimaler Schädigung des Knochenmaterials erfolgen. Die in der Werkzeugmaschine eingespannte Sonotrode wird durch den Schwingungserreger in Eigenschwingung bzw. in Resonanz versetzt, wobei mindestens eine Eigenschwingung der Sonotrode bevorzugt in Axialrichtung angeregt wird. Bei einer geeigneten Form der Sonotrode und einer geeigneten Schwingungsanregung können auch mehrere Eigenformen gleichzeitig angeregt werden, wobei sich beispielsweise Längs-, Biege- und/oder Torsionsschwingungen in beliebiger geeigneter Kombination einstellen können. Die derart in Eigenschwingung versetzte Sonotrode wird an den Knochen herangeführt. Die Sonotrode wirkt durch ihre hochfrequente Schwingung als Bearbeitungswerkzeug und trägt infolge

ihrer schwingenden Wechselwirkung mit dem Knochen das Knochenmaterial ab.

Bei der geometrischer Ausbildung des Bohrabschnittes der Sonotrode in Form des Implantat-Befestigungsabschnittes wird das Knochenmaterial exakt formgenau als Negativabbild des Befestigungsabschnittes abgetragen, ohne daß ein formgebendes Zutun des Bedieners erforderlich ist. Unter den räumlich begrenzten Verhältnissen beispielsweise beim Einsetzen einer Hüftgelenksprothese wird deutlich, daß der Operateur die Aufnahmebohrung nicht modellieren muß, sondern allein durch Ansetzen und Hineinführen der Sonotrode die Aufnahmebohrung formgenau erzeugt, ohne aufwändige Anpassungsarbeiten vornehmen zu müssen. Die Aufnahmebohrung bildet sich als Negativabbild des Bohrabschnittes und damit des Befestigungsabschnittes aus, in die das Implantat anschließend eingesetzt wird. Die gleiche Form von Sonotrode und Implantat kann hier Identität der äußeren Maße bedeuten, demnach das Implantat spielfrei in der Aufnahmebohrung aufgenommen wird. Es kann auch ein geringes Untermaß der Sonotrode gegenüber dem Implantat zweckmäßig sein. In diesem Falle wird das Implantat in die Aufnahmebohrung eingetrieben und klemmend unter Vorspannung im Knochen gehalten. In allen Fällen der erfindungsgemäßen Ausführung wird nur exakt diejenige Knochenmenge abgetragen, die zur Aufnahme des Implantats erforderlich ist. Die zur Heilung bzw. zum Festwachsen des Implantats erforderliche Menge an neu vom Organismus nachzubildendem Knochenmaterial ist minimiert. Die Belastung des lebenden Organismus ist auf ein Minimum reduziert.

Auch bei einer bevorzugten Ausführung der Sonotrode als Implantat bzw. bei einer Verwendung des Implantats als Sono-

trode erfolgt der Knochenabtrag exakt in der Kontur des vom Knochen aufzunehmenden Befestigungsabschnittes des Implantats. Mit zunehmendem Bohrfortschritt bildet sich eine Aufnahmebohrung im Knochen aus, die den Befestigungsabschnitt des Implantats konturgenau und spielfrei umschließt. Es wird exakt diejenige Knochenmenge abgetragen, die zur Aufnahme des Implantats erforderlich ist. Es entstehen keine Hohlräume zwischen dem Befestigungsabschnitt und der konturgenau sich darum herausbildenden Aufnahmebohrung. Der Abtrag des Knochenmaterials und damit die Verletzung des Knochens ist auf das erforderliche Mindestmaß reduziert. Die konturgenaue Ausführung der Aufnahmebohrung vermeidet darüber hinaus die Ausbildung von Bereichen mit zu engem Querschnitt, die ansonsten zu einer Verspannung des Knochens gegenüber dem eingesetzten Implantat führen können. Der Knochen ist durch die eingebrachte Bohrung geringstmöglich geschwächt und erhält nach dem Einwachsen des Implantats eine höchstmögliche Belastbarkeit.

Nach der Herstellung der Aufnahmebohrung kann das Implantat ohne ein weiteres Herausnehmen direkt in der Aufnahmebohrung verbleiben, wodurch die Gefahr einer Wundkontamination verringert ist. Auf die Zugabe von zusätzlichem, Hohlräume ausfüllendem Zement kann verzichtet werden. Für den Heilungsprozeß und ein sicheres, belastbares Einwachsen des Implantats muß nur eine äußerst geringe Menge an Knochenmaterial nachgebildet werden, wodurch die Belastung des lebenden Organismus minimiert ist.

Das erfindungsgemäße Bearbeitungssystem kann auch für ein Lösen des eingesetzten bzw. eingewachsenen Implantats verwendet werden. Die Werkzeugmaschine wird dazu beispielsweise an ein

Prothese-Implantat oder einen eingesetzten Knochennagel angesetzt, wobei das Implantat in Resonanzschwingung versetzt wird. Dadurch löst sich dieses aus dem umgebenden Knochenmaterial, ohne daß sich das Aufnahmeloch vergrößert. Das Implantat kann ohne zusätzliche Schädigung des Knochens entfernt werden.

In bevorzugter Weiterbildung umfaßt die Werkzeugmaschine eine Vorrichtung zur statisch festen und insbesondere drehfesten, lösbaren Einspannung der Sonotrode. Zweckmäßig ist der Befestigungsabschnitt des Implantats, der zum Einsetzen in die Aufnahmebohrung des Knochens vorgesehen ist, und auch der Bohrabschnitt der Sonotrode mit einem zumindest abschnittsweise unrunder Querschnitt versehen. Ohne Eigendrehung der Sonotrode wird allein durch deren Eigenschwingung die Aufnahmebohrung hergestellt, die ebenfalls einen unrunder Querschnitt erhält. Zur Steigerung der Belastbarkeit wird der Befestigungsabschnitt des Implantats formschlüssig in der Aufnahmebohrung gehalten, wobei der unrunder Querschnitt von Befestigungsabschnitt und Aufnahmebohrung eine formschlüssige Verdrehsicherung bewirkt.

In einer bevorzugten Weiterbildung ist die Sonotrode und auch der Befestigungsabschnitt des Implantats mit mindestens einem Vorsprung versehen, der bezogen auf eine Längsachse des Befestigungsabschnitts zur Erzeugung eines Hinterschnitts radial hervorsteht. In einem ersten Arbeitsgang wird die Sonotrode mit dem radial hervorstehenden Vorsprung in axialer Richtung in das Knochenmaterial eingebracht. Anschließend kann in einem zweiten Arbeitsschritt eine gemeinsame Verdrehung von Werkzeugmaschine und Sonotrode erfolgen, infolgedessen der zur Schwingung angeregte Vorsprung in der Aufnah-

mebohrung eine Hinterschneidung ausbildet. In dieser verdrehten Position bildet sich ein Hinterschnitt zwischen dem Vorsprung des Implantats und der Aufnahmebohrung aus, die das Implantat in axialer Richtung formschlüssig sichert. Insbesondere während der Heilungsphase ist das Implantat sicher an Ort und Stelle gehalten und gegen eine unbeabsichtigte Relativverschiebung gesichert.

In einer zweckmäßigen Ausführung ist die Sonotrode mit einem Saug-/Spülkanal versehen. Durch diesen kann während des Bohrvorganges eine Kühlflüssigkeit gespült werden, die die Temperatur der Sonotrode und des umgebenden Knochenmaterials in Grenzen hält und so eine Eiweißgerinnung vermeidet. Es kann ein geschlossener Kühlkreislauf ohne Wundkontakt vorgesehen sein. Zweckmäßig wird die Kühlflüssigkeit oder auch Kühlluft durch einen innenseitig der Sonotrode verlaufenden Abschnitt des Saug-/Spülkanals in die Aufnahmebohrung hineingepumpt, was einen geeigneten Spüldruck ohne übermäßige Leckageverluste ermöglicht. Insbesondere ist eine lageunabhängige Zufuhr des Spülmediums möglich, die auch bei liegendem Patienten bzw. horizontal anzubringenden Bohrungen sicher erfolgt.

In bevorzugter Weiterbildung ist ein weiterer Abschnitt des Saug-/Spülkanals als außenseitig offene Rinne ausgeführt ist. Die Rinne verläuft zweckmäßig schräg zur Längsachse der Sonotrode und insbesondere wendelförmig um die Sonotrode herum. Die Kühl- und Spülwirkung stellt sich an der gesamten Bearbeitungsfläche ein. Der schräge, insbesondere wendelförmige Verlauf verhindert, daß sich die Kontur des rinnenförmigen Saug-/Spülkanals beim axialen Vorschub der Sonotrode auf der Bearbeitungsfläche bzw. der Bohrungswand abbildet. Es kann auch vorteilhaft sein, eine umgekehrte Strömungsrichtung vor-

zusehen, bei der Kühlflüssigkeit oder Luft abgesaugt wird. In beiden Fällen tritt neben der Kühlung auch eine Spülwirkung ein, die abgetragenes Knochenmaterial beseitigt.

Die Spannvorrichtung weist bevorzugt mehrere Haltemittel zur Aufnahme verschiedener Sonotroden auf. Insbesondere bei der Ausführung von Aufnahmebohrungen mit komplexer Geometrie oder bei mehrteiligen Implantaten sind verschiedene Sonotroden ohne großen Umrüstaufwand der Bohrmaschine für den Operateur direkt verfügbar. Der Arbeitsfortschritt beim Ansetzen der Sonotrode(n) ist gesteigert, was zur Entlastung des Patienten beiträgt.

In einer bevorzugten Weiterbildung ist die Spannvorrichtung revolverartig bezüglich eines Gehäuses der Werkzeugmaschine drehbar ausgeführt. Sofern ein Wechsel zwischen verschiedenen Sonotroden erforderlich sein sollte, kann dieser mit einem einfachen Handgriff hergestellt werden. Die Drehbarkeit der Spannvorrichtung erlaubt außerdem eine Relativausrichtung der gerade aktiven Sonotrode bezogen auf die Werkzeugmaschine nach beliebiger Wahl des Benutzers. An schwierig zugänglichen Stellen kann damit die Übersichtlichkeit und in der Folge die Genauigkeit der Bohrungs- oder sonstigen Bearbeitungsausführung gesteigert werden.

Die Sonotrode ist zweckmäßig mit ihrem Bohrabschnitt exzentrisch zu einer Mittelachse der Werkzeugmaschine angeordnet. In schwer zugänglichen Bereichen der Knochenoperation braucht die Werkzeugmaschine nicht in Flucht zu der auszuführenden Bohrung gehalten zu werden. Der Platzbedarf bzw. die Größe der freigelegten Operations-Wundöffnung ist verringert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 in perspektivischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bearbeitungssystems mit einer piezoelektrischen Werkzeugmaschine und einer daran eingespannten Sonotrode zur Herstellung einer Aufnahmebohrung für ein Implantat am Beispiel einer Hüftgelenksprothese,
- Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Sonotrode mit Einzelheiten eines wendelförmig umlaufenden Saug-/Spülkanals;
- Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Implantats, welches in eine mit der Sonotrode nach Fig. 1 hergestellte Aufnahmebohrung in einem Knochen eingesetzt ist;
- Fig. 4 eine perspektivische Schemadarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels des Implantats im Bereich seines Befestigungsabschnittes mit zwei davon radial hervorstehenden Vorsprüngen;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung des zu behandelnden Knochens mit einer Querschnittsansicht des Implantats nach Fig. 4 in Verwendung als Bohrwerkzeug nach dem Ausführen der Aufnahmebohrung unter Bildung eines Hinterschnitts.

Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Ansicht ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bearbeitungssys-

tems, das zur Herstellung einer in Fig. 3 schematisch dargestellten Aufnahmebohrung 20 in einem Knochen 19 eines lebenden Körpers für ein Implantat 23 (Fig. 3) vorgesehen ist. Das Bearbeitungssystem umfaßt ein Bearbeitungswerkzeug 1, eine handgeführte Werkzeugmaschine 2 und das Implantat 23.

Die Werkzeugmaschine 2 weist ein Gehäuse 8 auf, in dem ein nicht näher dargestellter, in Form eines Piezocerregers ausgeführter Schwingungserreger 4 angeordnet ist. Eine Steuerelektronik und eine elektrische Stromversorgung (nicht dargestellt) für den Schwingungserreger 4 sind in einem ebenfalls nicht dargestellten, separaten Gehäuse angeordnet und über Zuleitungskabel verbunden. Zum Betrieb des Schwingungserregers 4 kann eine Netzspannungsversorgung oder ein Akku vorgesehen sein. An dem dem Bearbeitungswerkzeug 1 abgewandten Ende des Gehäuses 8 ist ein hinterer Handgriff 14 angeformt. Am gegenüberliegenden werkzeugseitigen Ende 18 des Gehäuses 8 ist ein zweiter, vorderer Handgriff 15 mittels einer Schnellspanneinrichtung 16 befestigt und kann nach Lösen der Schnellspanneinrichtung 16 um eine Längsachse 13 des Gehäuses 8 zur Erzielung einer ergonomisch günstigen Griffanordnung verschwenkt werden.

Es kann auch zweckmäßig sein, die Stromversorgung und/oder die Steuerelektronik des Schwingungserregers 4 in das Gehäuse 8 zu integrieren.

Am werkzeugseitigen Ende 18 ist eine Spannvorrichtung 5 vorgesehen, an der das Bearbeitungswerkzeug 1 lösbar befestigt ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel trägt die Spannvorrichtung 5 insgesamt vier angedeutete Haltemittel 17 zur Aufnahme verschiedener Werkzeuge 1, wobei hier der besseren Übersicht-

lichkeit halber nur ein Bearbeitungswerkzeug 1 eingespannt gezeigt ist. Die Spannvorrichtung 5 ist revolverartig bezüglich des Gehäuses 8 der Werkzeugmaschine 2 um eine Längsachse 13 der Werkzeugmaschine 2 drehbar und in einer gewünschten Drehwinkelstellung verrastbar, so daß der Benutzer vor Arbeitsbeginn das Bearbeitungswerkzeug 1 in eine gewünschte relative Winkelstellung bezogen auf das Gehäuse 8 einstellen kann. Während des Betriebs des Bearbeitungssystems ist diese gewählte Drehwinkelstellung fest - die Spannvorrichtung 5 führt keine drehende Rotationsbewegung um die Längsachse 13 aus. Ein Bohrabschnitt 24 des Bearbeitungswerkzeuges 1 liegt dabei mit seiner Längsachse exzentrisch parallel zur Längsachse 13 der Werkzeugmaschine 2.

Das Bearbeitungswerkzeug 1 ist an dem zugeordneten Haltemittel 7 der Spannvorrichtung 5 statisch fest und insbesondere drehfest, jedoch lösbar eingespannt. Das Bearbeitungswerkzeug 1 ist als elastisch in mindestens einer Eigenfrequenz in Resonanz schwingende Sonotrode 3 ausgeführt. Der Schwingungserreger 4 und die Sonotrode 3 sind unter Berücksichtigung der elastischen Eigenschaften der zwischenliegenden Spannvorrichtung 5 derart aufeinander abgestimmt, daß die Erregerfrequenz des Schwingungserregers 4 zumindest näherungsweise mindestens einer Eigenschwingungsfrequenz der an der Spannvorrichtung 5 gehaltenen Sonotrode 3 entspricht. Im Betrieb erzeugt der Schwingungserreger 4 eine Erregerschwingung, die bevorzugt eine translatorische Schwingung in Richtung der Längsachse 13 ist. Sie kann auch quer dazu schwingen oder auch eine rotatorische Schwingung um die Längsachse 13 ausführen. Es ist auch eine Kombination mehrerer Erregerschwingungsformen möglich. Die vom Schwingungserreger 4 erzeugte Erregerschwingung wird mittels der Spannvorrichtung 5 auf die Sonotrode 3 übertra-

gen, welche infolge ihrer abgestimmten Eigenfrequenz in zumindest einer Eigenform anfängt zu schwingen und dabei in Resonanz gerät. Bei einer entsprechenden geometrischen und elastischen Auslegung der Sonotrode 3 kann auch die gleichzeitige Anregung mehrerer Eigenformen der Sonotrode 3 in translatorischer oder rotatorischer Form erzielt werden. Es kann zweckmäßig sein, daß eine Abstimmung derart vorgenommen wird, daß entweder die Sonotrode 3 insgesamt gleichmäßig zu einer Eigenschwingung angeregt wird, oder daß sich eine Eigenschwingungsform einstellt, bei der sich insbesondere in einem Bohrabschnitt 24 an einem freien Ende der Sonotrode 3 Bereiche mit ausgeprägter Schwingungsamplitude ausbilden. Der Bohrabschnitt 24 am freien Ende der Sonotrode 3 ist zur Erzeugung einer in Fig. 3 schematisch angedeutete Aufnahmebohrung 20 im Knochen 19 vorgesehen.

Die Erregerfrequenz des Schwingungserregers 4 und die dadurch angeregte Eigenschwingungsfrequenz der Sonotrode 3 liegen beide oberhalb von 10 KHz und liegen im gezeigten Ausführungsbeispiel im Ultraschallbereich, hier bevorzugt bei etwa 20 KHz. Die zuvor beschriebene Steuerelektronik verfügt über einen Regelkreis, der die Erregerfrequenz laufend an die sich innerhalb gewisser Grenzen ändernde Eigenschwingungsfrequenz anpaßt. Verschleiß an der Sonotrode 3, temperaturbedingte Längenänderungen oder eine Einspannungswirkung der am Knochenmaterial anliegenden Sonotrode 3, die sich auf die Eigenfrequenz auswirken, werden kompensiert. Eine Grundabstimmung der Sonotrode 3 auf die Erregerfrequenz des Schwingungserregers 4 erfolgt durch Einbringung einer Abstimmaussparung 25 am freien Ende der Sonotrode 3.

Der perspektivischen Darstellung nach Fig. 1 ist noch zu entnehmen, daß die Sonotrode 3 insbesondere in ihrem Bohrabschnitt 6 einen unrunder, im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa rechteckigen Querschnitt aufweist. Es können auch beliebige andere Querschnittsformen in bevorzugt unrunder, ggf. aber auch runder bzw. konischer oder zylindrischer Ausgestaltung vorteilhaft sein. Im Bereich des Bohrabschnittes 24 ist die Sonotrode 3 noch mit einem Saug-/Spülkanal versehen, der hier der besseren Übersichtlichkeit halber nicht näher dargestellt ist, und der in seiner Ausgestaltung dem Saug-/Spülkanal 12 nach Fig. 2 entspricht.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Sonotrode 3 ist in perspektivischer Ansicht in Fig. 2 gezeigt. Ein kreisscheibenförmiger Halteflansch 26 der Sonotrode 3 ist zur Befestigung an einem der Haltemittel 7 nach Fig. 1 vorgesehen. An den kreisscheibenförmigen Flansch 26 schließt sich der Bohrabschnitt 24 an, dessen Querschnitt sich in Höhenrichtung und in Richtung des freien Endes hin kontinuierlich verjüngt. In Breitenrichtung bleibt der Querschnitt im wesentlichen konstant.

Die Sonotrode 3 ist mit einem Saug-/Spülkanal 12 versehen, der mit einem Kanalabschnitt 30 entsprechend der gestrichelt angedeuteten Darstellung innenseitig durch die Sonotrode 3 hindurchgeführt ist und ins freie Ende der Sonotrode 3 mündet. Ein weiterer Kanalabschnitt 31 des Saug-/Spülkanals 12 verläuft außenseitig des Bohrabschnittes 24 der Sonotrode 3 und ist zum freien Ende und auch zur Umfangsseite der Sonotrode 3 hin offen. Der offene Bereich des Saug-/Spülkanals 12 ist im Betrieb außenseitig durch die Aufnahmebohrung 20 im Knochen 19 (Fig. 3) begrenzt. Durch den Saug-/Spülkanal 12

kann im Betrieb eine Spülflüssigkeit, Luft, ein Inertgas oder dgl. geführt werden. Die Strömungsrichtung kann bedarfsweise von der Werkzeugmaschine 2 aus in Richtung des freien Endes der Sonotrode 3 hin oder auch in umgekehrter Richtung gewählt werden, wodurch im ersten Falle ein blasender und im zweiten Falle ein saugender Spülstrom entsteht. Bevorzugt wird das Spülmedium in Richtung von Pfeilen 32 mittig durch den inneren Kanalabschnitt 30 in die Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) gepumpt und von dort zurück durch den äußeren Kanalabschnitt 31 zurückgeleitet. Der Spüldruck ist zweckmäßig kleiner als 100kPa, um eine Resorption des Spülmediums durch den Knochen 19 bzw. darin befindliche Blutgefäße zu verhindern. Anstelle des umfangseitig offenen, rinnenförmigen Saug-/Spülkanals 12 kann auch eine geschlossene Ausführung zweckmäßig sein, die lediglich am freien Ende der Sonotrode 3 offen ist. Ebenso kann es vorteilhaft sein, einen intern geschlossenen Kanal vorzusehen, in dem ein Kühlmittel zirkuliert.

Der in Form einer nach außen offenen Rinne ausgeführte Saug-/Spülkanal 12 verläuft wendelförmig um die Sonotrode 3 herum und erstreckt sich dabei über die gesamte Länge des Bohrabchnittes 24. Der wendelförmige Umlauf bewirkt, daß sich der Saug-/Spülkanal 12 nicht an den zu bearbeitenden Oberflächen bei axialem Vorschub abbildet. Die Querschnittskontur der zu bearbeitenden Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) wird bei axialem Vorschub durch die zwischen den Wendeln des Saug-/Spülkanals 12 liegenden, ebenfalls wendelförmigen Abschnitte des Bohrabchnittes 24 geformt. An Stelle eines wendelförmigen Umlaufs kann auch eine nur geringfügige Schrägstellung des Kanalabschnitts 31 zweckmäßig sein. Auch eine Ausführung mit mehreren, strömungstechnisch parallel geschalteten Kanalabschnitten 31 kann ggf. vorteilhaft sein.

Breite und Tiefe des Saug-/Spülkanals 12 können innerhalb gewisser Grenzen angepaßt werden, um dadurch auch eine Abstimmung der Resonanzfrequenz der Sonotrode 3 auf die Erregerfrequenz des Schwingungserregers 4 (Fig. 1) zu bewirken. Der Saug-/Spülkanal 12 wirkt hierbei auch als Abstimmassparung 25. Bei einer geeigneten Ausbildung der Schrägstellung bzw. der Wendelform des Saug-/Spülkanals 12 kann auch eine Kopplung zwischen zwei Schwingungsfreiheitsgraden bewirkt werden. Bei axialer Anregung mit einer Longitudinalschwingung führt die Wendelform des Saug-/Spülkanals zu einer gekoppelten Drehschwingung des Bohrabschnittes 24, die bei geeigneter Abstimmung ebenfalls in Resonanz schwingen kann.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Implantats 23, welches als Teil einer Hüftgelenksprothese ausgebildet ist. Das Implantat 23 umfaßt einen Befestigungsabschnitt 6, der in einer Aufnahmebohrung 20 im Knochen 19 gehalten ist. Die Länge des Befestigungsabschnittes 6 beträgt etwa 100 mm. Aus einer beispielsweise mit der Werkzeugmaschine 2 nach Fig. 1 gesägten Stirnfläche 28 des Knochens 19 ragt lediglich ein Haltezapfen 27 für ein nicht dargestelltes Kugelgelenk hervor. Der Befestigungsabschnitt 6 entspricht in seiner einhüllenden Form zumindest näherungsweise exakt dem Bohrabschnitt 24 der Sonotrode 3 nach Fig. 1. Es fehlt lediglich die Ausbildung des Saug-/Spülkanals 12.

Unter gleichzeitigem Bezug auf die Fig. 1 bis 3 wird im folgenden ein Verfahren zum Einsetzen des Implantats 23 in den Knochen 19 eines lebenden Körpers beschrieben. Beim Ausführungsbeispiel des Werkzeuges 1 in Form der Sonotrode 3 nach Fig. 2 wird dessen freies Ende an den zu bohrenden Knochen 19

(Fig. 3) herangeführt. Durch Anregung mittels des Schwingungserregers 4 schwingt der Bohrabschnitt 24 (Fig. 2) in mindestens einer Eigenfrequenz und trägt dadurch entsprechend der Quer- und Längskontur des Bohrabschnitts 24 Material aus dem Knochen 19 (Fig. 3) ab. Mittels der Werkzeugmaschine 2 wird von Hand ein Vorschub in axialer Richtung ausgeführt. Weitere Bewegungen der Sonotrode 3 sind nicht vorgesehen. Insbesondere führt die Sonotrode 3 keine Eigendrehung aus. Auch formende Kipp- oder Schwenkbewegungen oder eine seitliche Führung sind nicht vorgesehen.

Die Sonotrode 3 nach Fig. 2 ist als Vorbearbeitungswerkzeug ausgeführt, mit der die Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) vorbereitet wird. In einer stufenartigen Bearbeitung erfolgt anschließend ein weiteres Aufbohren mit der in Fig. 1 gezeigten Sonotrode 3 in gleicher, zuvor beschriebener Weise. Die in Fig. 1 gezeigte Sonotrode 3 ist im Bereich ihres Bohrabschnittes 24 bzgl. der Außenkontur geometrisch nahezu identisch mit dem hier in Fig. 3 gezeigten Befestigungsabschnitt 6 des Implantats 23 ausgeführt. Die vom Bohrabschnitt 24 (Fig. 1) ausgeführte Aufnahmebohrung entspricht damit in ihrer Kontur nahezu identisch der Form des darin gehaltenen Befestigungsabschnittes 6.

Das Knochenmaterial im Knochen 19 (Fig. 3) wird exakt in der Form abgetragen, die der Kontur des Befestigungsabschnittes 6 (Fig. 3) in Längs- und Querrichtung entspricht, wobei sich die Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) allein durch den axialen Vorschub der Sonotrode 3 als Negativabbild des Befestigungsabschnittes 6 ausbildet. Währenddessen wird ein Kühlmittel durch den Saug-/Spülkanal 12 entsprechend der Darstellung nach Fig. 2 gefördert, dessen Strömung neben dem rinnenförmigen, radial

nach außen offenen Saug-/Spülkanal 12 auch durch die umschließende Umfangswand der Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) geführt wird. Der entstehende Kühlmittelstrom führt zu einer Kühlung des Implantats 1 und des umgebenden Knochens 19 und übt außerdem eine Spülwirkung auf das abgetragene Knochenmaterial aus.

Bei Bohrungen mit komplizierter Geometrie kann die Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) mit einer geeigneten Sonotrode 3 beispielsweise nach Fig. 2 angebohrt und anschließend die Sonotrode 3 abgezogen werden. Nach Umschaltung der revolverartig drehbaren Spannvorrichtung 5 kann mit einer weiteren, an einem der Haltemittel 7 (Fig. 1) eingespannten Sonotrode 3 der Bearbeitungsvorgang unter Ausnutzung der hochfrequenten Eigenschwingung weitergeführt werden. Im letzte Arbeitgang wird die Aufnahmebohrung 20 (Fig. 3) unter Verwendung der in Fig. 1 gezeigten Sonotrode 3 fertig gebohrt, wobei anschließend das Implantat 23 (Fig. 3) mit seinem Befestigungsabschnitt 6 in der Aufnahmebohrung 20 des Knochens 19 (Fig. 3) paßgenau eingesetzt werden kann. Die Aufnahmebohrung 20 umschließt dabei zumindest näherungsweise spielfrei den Befestigungsabschnitt 6. Lediglich ein freies Ende 29 des Implantats 23 kann in einem hohlen oder weichen Bereich des Knochens 19 liegen.

Fig. 1 zeigt noch, daß sich der Bohrabschnitt 24 in Richtung seines freien Endes hin verjüngt. Dies führt dazu, daß neben dem Stirnende auch die sich verjüngenden Umfangswände mit steigendem Bohrvorschub als Bohrwerkzeug dienen, indem sie die angebohrte Aufnahmebohrung 20 in radialer Richtung sukzessive erweitern. Mit der frei wählbaren Vorschubtiefe kann die radiale Aufweitung der Aufnahmebohrung 20 auf ein gerin-

ges Untermaß bzgl. des Querschnitts des Befestigungsabschnitts 6 eingestellt werden, demnach das eingetriebene Implantat 23 klemmen unter Vorspannung gehalten ist. Es kann auch zweckmäßig sein, bei nahezu gleicher Form von Implantat 23 und Sonotrode 3 die Sonotrode 3 mit geringem Untermaß anzufertigen, um die vorgenannte klemmende Einspannwirkung zu erzielen. Bei der hier gezeigten Hüftgelenksprothese wird ein radiales Untermaß der Aufnahmebohrung 20 von etwa 0,15 mm angestrebt.

Der Darstellung nach Fig. 3 ist noch zu entnehmen, daß das eingesetzte Implantat 23 dadurch aus dem Knochen 19 entnommen werden kann, in dem es als Sonotrode 3 verwendet wird. Beim Austausch oder Entfernen des eingesetzten oder eingewachsenen Implantats 23 kann dessen herausstehender Abschnitt mit der Werkzeugmaschine verbunden werden, wobei das Implantat 23 als Sonotrode 3 wirkt. Zu Resonanzschwingungen angeregt, vibriert sich das Implantat 23 vom Knochenmaterial los und kann aus der Aufnahmebohrung 20 entnommen werden.

Eine alternative Bauform der Sonotrode 3 bzw. des Implantats 23 ist in Fig. 4 als Ausschnittsdarstellung im Bereich des Befestigungsabschnitts 6 dargestellt. Demnach schließt sich an einen etwa zylindrischen Schaft 17 des Befestigungsabschnittes 6 an dessen freien Ende ein hammerförmiger Kopf an, durch den zwei Vorsprünge 9 gebildet sind, die sich bezogen auf eine Längsachse 10 des Befestigungsabschnitts 6 diametral gegenüberliegen und radial zur Längsachse 10 über die Umfangskontur des Befestigungsabschnitts 6 hervorstehen. Die schematische Darstellung nach Fig. 4 zeigt nur beispielhaft die Anordnung zweier radial hervorstehender Vorsprünge 9. Es ist mindestens ein solcher radialer Vorsprung 9 zur Erzeugung

eines in Fig. 5 dargestellten Hinterschnitts 11 vorzusehen. Es kann jedoch auch eine beliebige andere Anzahl von Vorsprüngen 9 zweckmäßig sein, die in ihrer geometrischen Ausgestaltung und auch Relativlage zum Befestigungsabschnitt 6 anwendungsspezifisch variiert werden können.

Bei der hier vorgesehenen Anwendung erfolgt das Verfahren zum Einbringen der Aufnahmebohrung 20 zunächst in gleicher Weise, wie im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 3 beschrieben. Ein weiterer Verfahrensschritt ergibt sich aus der Zusammenschau der Fig. 4 und 5. Das Ausführungsbeispiel des Implantats 23 nach Fig. 4 wird entsprechend der Darstellung nach Fig. 5 in der zuvor beschriebenen Weise als Sonotrode 3 bzw. als Bohrwerkzeug verwendet. Das an der Werkzeugmaschine 2 (Fig. 1) eingespannte Implantat 23 bildet dabei die Sonotrode 3, bzw. findet Verwendung als Sonotrode 3 zum Bohren der in Fig. 5 angedeuteten Aufnahmebohrung 20 in den Knochen 19.

Entsprechend der Draufsicht nach Fig. 5 bildet sich ein Querschnitt der Aufnahmebohrung 20 aus, der nicht allein durch den im Querschnitt dargestellten Schaft 17, sondern durch die Umfangskontur des Schaftes 17 zusammen mit den radial hervorstehenden Vorsprüngen 9 geformt ist. Nach Erreichen der gewünschten Bohrtiefe wird die laufende Werkzeugmaschine 2 (Fig. 1) zusammen mit dem eingespannten Implantat 23 in einer durch einen Pfeil 22 angeordneten Drehrichtung um die Längsachse 10 des Befestigungsabschnittes 6 geschwenkt, wobei die zur Schwingung angeregten Vorsprünge 9 je nach Größe des Drehwinkels in der Drehrichtung 22 einen durch eine gestrichelte Linie angedeuteten erweiterten Bereich 21 der Aufnahmebohrung 20 ausbilden, der in der entsprechenden Bohrtiefe des Bohrwerkzeuges 3 bzw. des Befestigungsabschnittes 6

liegt. Infolge der vorgenannten Drehbewegung legen sich die radial hervorstehenden Vorsprünge 9 in diesen erweiterten Bereich 21, bis sie die Position 9' erreicht haben, die hier nur beispielhaft in einem 90°-Drehwinkel gezeigt ist und auch einen abweichenden Drehwinkel aufweisen kann. In dieser Drehwinkellage ist durch jeden Vorsprung 9 ein Hinterschnitt 11 bezüglich desjenigen Bohrungsabschnittes gebildet, der sich in axialer Richtung zur offenen Seite hin an den erweiterten Bereich 21 anschließt. In der gezeigten Drehwinkellage ist das Implantat 23 in axialer Richtung bezogen auf die Längsachse 10 formschlüssig gesichert und kann so in der Aufnahmebohrung 20 verbleiben. Es kann auch zweckmäßig sein, die Sonotrode 3 und das Implantat 23 separat mit vergleichbarer Geometrie auszubilden, wobei das Implantat 23 nach dem Entfernen der Sonotrode 3 in die Aufnahmebohrung 20 bajonettartig eingesetzt und mit den Vorsprüngen 9 formschlüssig gehalten wird.

Die gezeigte Anordnung kann auch zum Bohren von einfachen Löchern, zur kosmetischen oder chirurgischen Formgebung des Knochens eingesetzt werden. Anstelle des Implantats 23 können auch andere Teile, Sonderbefestigungsmittel oder dgl. in den Knochen eingesetzt werden. Es können auch Fräs- und Sägearbeiten sowie eine Trennung von Muskel-, Sehnen-, Bindegewebe oder dgl. vorgenommen werden.

Ansprüche

1. Bearbeitungssystem zur Behandlung eines Knochens (19) eines lebenden Körpers, umfassend ein auf den Knochen (19) des Körpers wirkendes Werkzeug (1), eine das Werkzeug (1) antreibende handgeführte Werkzeugmaschine (2) und ein Implantat (23), wobei das Werkzeug (1) zur Herstellung einer Aufnahmebohrung (20) für das Implantat (23) in den Knochen (19) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (1) als in mindestens einer Eigenfrequenz in Resonanz schwingende Sonotrode (3) ausgebildet ist, daß die Werkzeugmaschine (2) einen auf die Sonotrode (3) wirkenden Schwingungserreger (4) aufweist, daß die Eigenschwingungsfrequenz der an der Werkzeugmaschine (2) gehaltenen Sonotrode (3) und die Erregerfrequenz des Schwingungserregers (4) zur Erzeugung einer Resonanzschwingung der Sonotrode (3) auf einander abgestimmt sind, und daß ein Bohrabschnitt (24) der Sonotrode (3) die Form eines von der Aufnahmebohrung (20) im Knochen (19) aufgenommenen Befestigungsabschnitts (6) des Implantats (23) aufweist.
2. Bearbeitungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerfrequenz und die Eigenschwingungsfrequenz oberhalb von 10 KHz und insbesondere im Ultraschallbereich liegen.
3. Bearbeitungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungserreger (4) als Piezoerreger ausgebildet ist.

4. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Befestigungsabschnitt (6) einen zumindest abschnittsweise unrunder Querschnitt aufweist.
5. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (3) und insbesondere der Befestigungsabschnitt (6) des Implantats (23) mit mindestens einem Vorsprung (9) versehen ist, der bezogen auf eine Längsachse (10) des Befestigungsabschnitts (6) zur Erzeugung eines Hinterschnitts (11) radial hervorsteht.
6. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (3) mit einem Saug-/Spülkanal (12) versehen ist.
7. Bearbeitungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt (31) des Saug-/Spülkanals (12) als nach außen offene Rinne ausgeführt ist.
8. Bearbeitungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (31) des Saug-/Spülkanals (12) schräg zur Längsachse der Sonotrode (3) verläuft und insbesondere wendelförmig um die Sonotrode (3) herumläuft.
9. Bearbeitungssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt des Saug-/Spülkanals (12) innenseitig der Sonotrode (3) ver-

läuft, wobei der Saug-/Spülkanal (12) von innen nach außen durchspült ist.

10. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugmaschine (2) eine Spannvorrichtung (5) zur statisch festen und insbesondere drehfesten, lösbaren Einspannung der Sonotrode (3) umfaßt.
11. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannvorrichtung (5) mehrere Haltemittel (7) zur Aufnahme verschiedener Sonotroden (3) aufweist.
12. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannvorrichtung (5) revolverartig bzgl. eines Gehäuses (8) der Werkzeugmaschine (2) drehbar ist.
13. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (3) mit ihrem Bohrabschnitt (24) exzentrisch zu einer Längsachse (13) der Werkzeugmaschine (2) angeordnet ist.
14. Bearbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (3) durch das Implantat (23) gebildet ist.
15. Verwendung eines Bearbeitungssystems mit den Merkmalen nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zum Lösen des Implantats (23) aus dem Knochen (19).

16. Verwendung eines Implantats (23), welches zum Einsetzen in einen Knochen (19) eines lebenden Körpers vorgesehen ist, als in mindestens einer Eigenfrequenz in Resonanz schwingendes Werkzeug (1) zum Bohren einer Aufnahmebohrung (20) in den Knochen (19).
17. Verwendung eines Implantats (23) nach Anspruch 16 in einem Bearbeitungssystem mit den Merkmalen nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

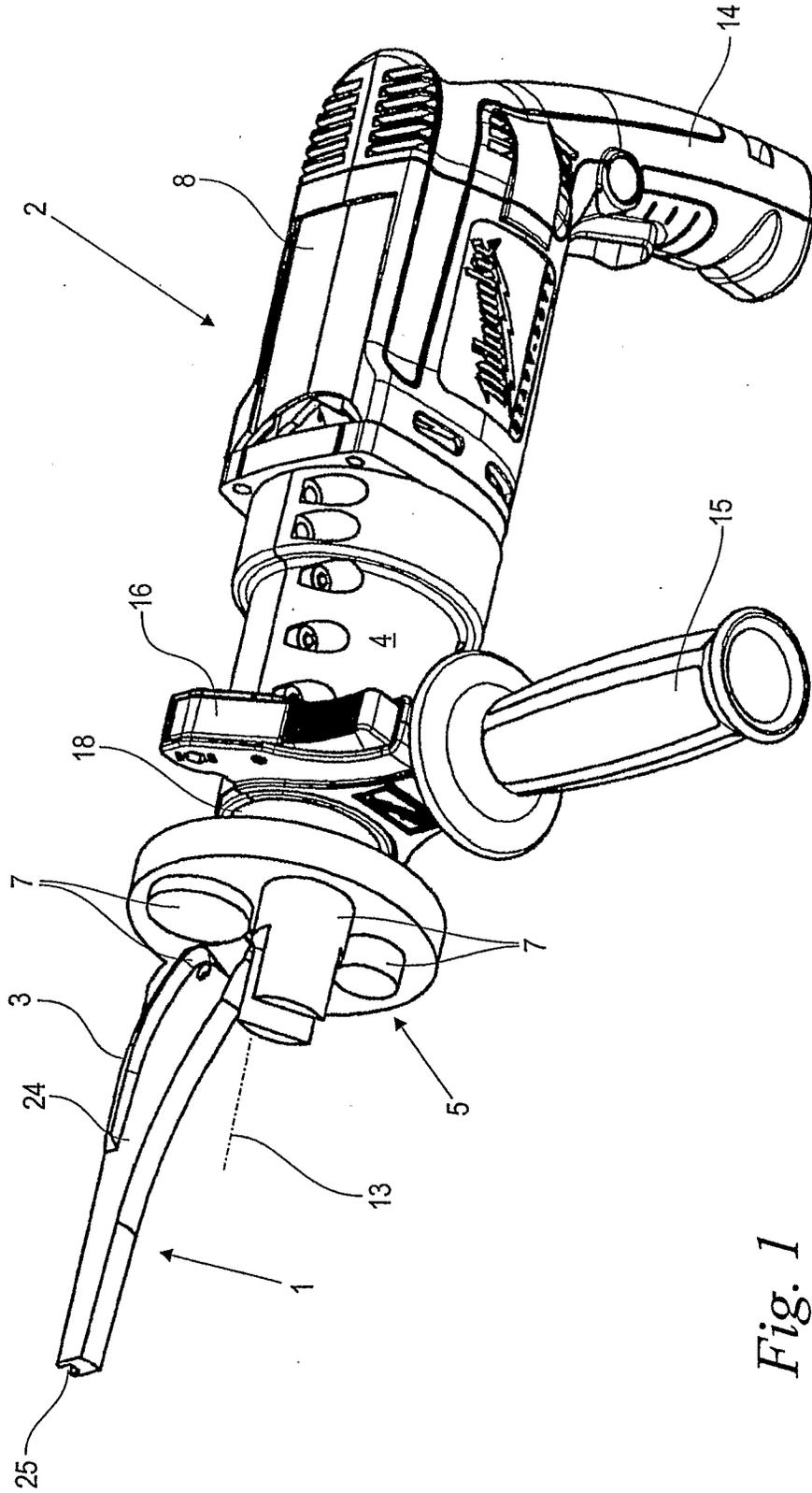


Fig. 1

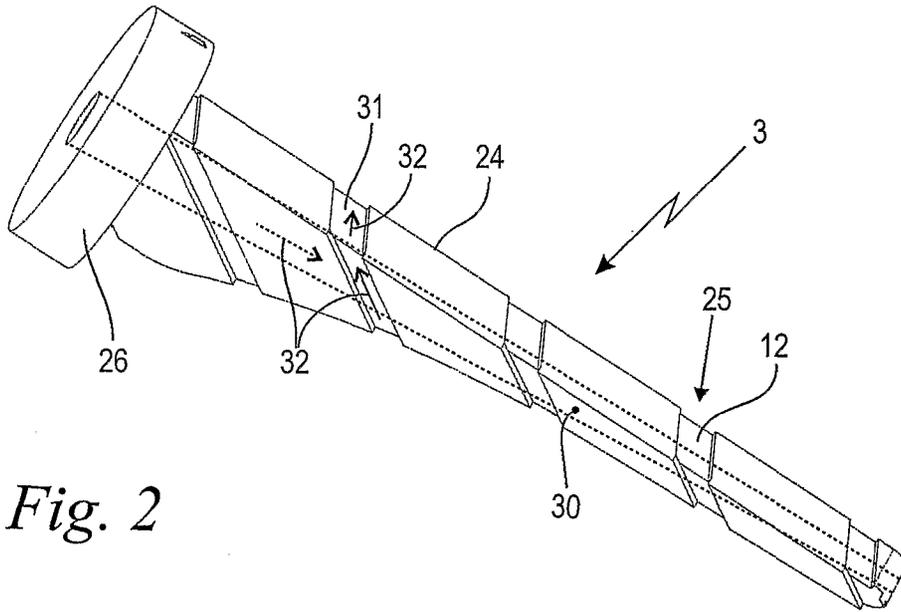


Fig. 2

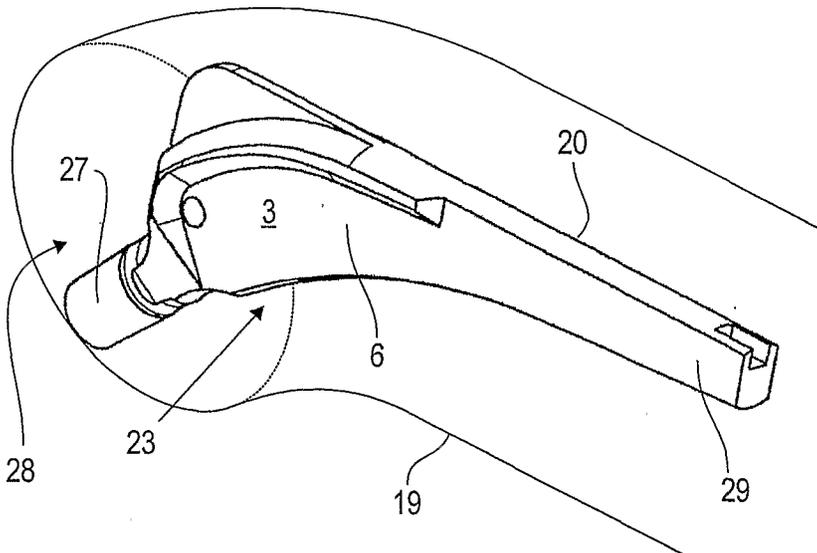


Fig. 3

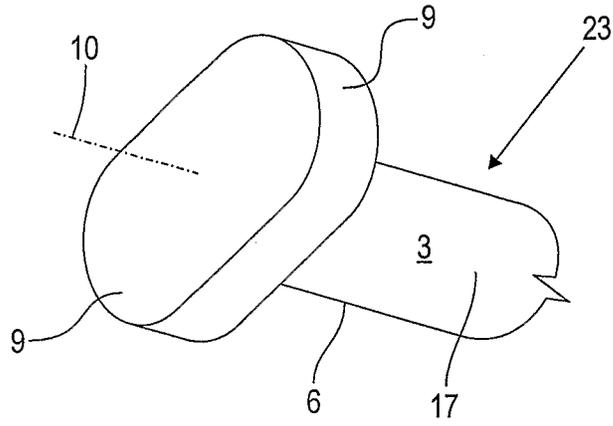


Fig. 4

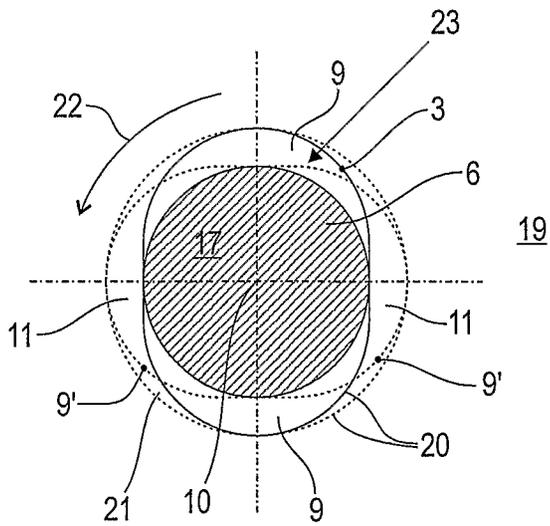


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/008775

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B17/16
ADD. A61B17/00 A61B17/32

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 A61F 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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 382 251 A (HOOD ET AL) 17 January 1995 (1995-01-17)	1-4, 6, 14
Y	column 6, line 48 - column 7, line 24 column 28, line 33 - column 29, line 5 figures 3, 4, 50	5
X	US 5 885 301 A (YOUNG ET AL) 23 March 1999 (1999-03-23) figure 1	1-4, 10-14
X	WO 98/03119 A (IMPLANT INNOVATIONS, INC; BEATY, KEITH, D) 29 January 1998 (1998-01-29)	1-3, 6, 9, 10, 12
Y	figures 1-3, 5, 11	6-8
Y	US 2004/092950 A1 (POHJONEN TIMO ET AL) 13 May 2004 (2004-05-13) figures 1-4	5
	-/--	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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 document 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

28 April 2006

Date of mailing of the international search report

11/05/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schießl, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/008775

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 6 204 592 B1 (HUR BEN) 20 March 2001 (2001-03-20) figures 1,5 -----	6-8

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: 15-17
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

PCT Rule 39.1 (iv) - method for treatment of the human or animal body by surgery.
PCT Rule 39.1 (iv) - method for treatment of the human or animal body by therapy.
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2005/008775

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5382251	A	17-01-1995	NONE	
US 5885301	A	23-03-1999	NONE	
WO 9803119	A	29-01-1998	AT 260072 T AU 3669497 A DE 69727816 D1 DE 69727816 T2 EP 0925033 A1 ES 2216160 T3	15-03-2004 10-02-1998 01-04-2004 05-08-2004 30-06-1999 16-10-2004
US 2004092950	A1	13-05-2004	FI 20020771 A	23-10-2003
US 6204592	B1	20-03-2001	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/008775

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. A61B17/16
ADD. A61B17/00 A61B17/32

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A61B A61F 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 382 251 A (HOOD ET AL) 17. Januar 1995 (1995-01-17)	1-4, 6, 14
Y	Spalte 6, Zeile 48 - Spalte 7, Zeile 24 Spalte 28, Zeile 33 - Spalte 29, Zeile 5 Abbildungen 3, 4, 50	5
X	US 5 885 301 A (YOUNG ET AL) 23. März 1999 (1999-03-23) Abbildung 1	1-4, 10-14
X	WO 98/03119 A (IMPLANT INNOVATIONS, INC; BEATY, KEITH, D) 29. Januar 1998 (1998-01-29)	1-3, 6, 9, 10, 12
Y	Abbildungen 1-3, 5, 11	6-8
Y	US 2004/092950 A1 (POHJONEN TIMO ET AL) 13. Mai 2004 (2004-05-13) Abbildungen 1-4	5
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen 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* älteres Dokument, 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 anderen 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
28. April 2006	11/05/2006
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Schießl, W

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 204 592 B1 (HUR BEN) 20. März 2001 (2001-03-20) Abbildungen 1,5 -----	6-8

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr. 15-17
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
Regel 39.1(iv) PCT - Verfahren zur chirurgischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
Regel 39.1(iv) PCT - Verfahren zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.

Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/008775

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5382251	A	17-01-1995	KEINE		
US 5885301	A	23-03-1999	KEINE		
WO 9803119	A	29-01-1998	AT	260072 T	15-03-2004
			AU	3669497 A	10-02-1998
			DE	69727816 D1	01-04-2004
			DE	69727816 T2	05-08-2004
			EP	0925033 A1	30-06-1999
			ES	2216160 T3	16-10-2004
US 2004092950	A1	13-05-2004	FI	20020771 A	23-10-2003
US 6204592	B1	20-03-2001	KEINE		