

(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
25. Oktober 2007 (25.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/118457 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61B 17/72 (2006.01) A61N 1/32 (2006.01)
A61F 2/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000640

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. April 2007 (12.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 018 191.3 19. April 2006 (19.04.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): NEUE MAGNETODYN GMBH [DE/DE];
Augustenstrasse 41, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KRAUS, Werner
[DE/DE]; Kaulbachstrasse 71, 80539 München (DE).
KRAUS, Stephanie [DE/DE]; Bairawieser Strasse 19,

83646 Bad Tölz (DE). WIEGMANN, Markus [DE/DE];
Kirchweg 3a, 81379 München (DE).

(74) Anwalt: SCHUMACHER & WILLSAU; Nymphen-
burger Strasse 42, 80335 München (DE).

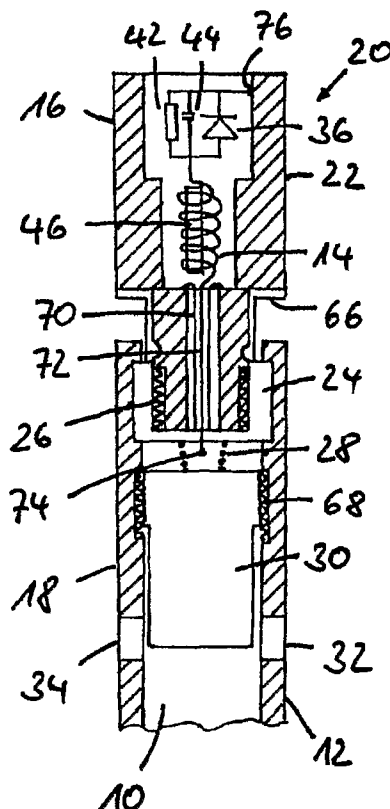
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC INTRAMEDULLARY PIN SYSTEM

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHES MARKNAGELSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to an intramedullary pin system with an elongated nail body (12) that has a cavity (10), and that can, at least in sections, conduct electricity, with a coil arrangement (14), an initial electrode (16) connected to a first pole of the coil arrangement and with a second pole of the coil arrangement linked to a second electrode (18). According to the invention, to improve an intramedullary pin system of this type, especially with regard to ease of handling and flexible use during surgery, its stability, its biological effect, its therapeutic effectiveness and its cost effectiveness, the coil arrangement (14) is provided in an end cap arrangement, which is releasably and proximally connected to the pin body (12) and has an at least partially electrically conductive exterior contact surface, the contact surface is electrically insulated from the pin body, at least one section of the contact surface forms the first electrode (16) and at least one section of the pin body forms the second electrode (18).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Marknagelsystem mit einem lang gestreckten, einen Hohlraum (10) aufweisenden, zumindest abschnittsweise elektrisch leitfähigen Nagelkörper (12), einer Spulenanordnung (14), einer mit einem ersten Pol der Spulenanordnung verbundenen ersten Elektrode (16) und einer mit einem zweiten Pol der Spulenanordnung verbundenen zweiten Elektrode (18). Um ein solches Marknagelsystem insbesondere im Hinblick auf seine Handhabbarkeit und flexible Verwendbarkeit während der Operation, seine Stabilität, seine biologische Wirkung, seine therapeutische Wirksamkeit und seine Wirtschaftlichkeit zu verbessern, ist vorgesehen, dass die Spulenanordnung (14) in einer proximal mit dem Nagelkörper (12) lösbar verbundenen Endkappenanordnung mit einer zumindest teilweise elektrisch leitfähigen äußeren Kontaktfläche vorgesehen ist, dass die Kontaktfläche gegen den Nagelkörper elektrisch isoliert ist, dass zumindest ein Abschnitt der Kontaktfläche die erste Elektrode (16) bildet und dass zumindest ein Abschnitt des Nagelkörpers die zweite Elektrode (18) bildet.

WO 2007/118457 A1



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, MT, 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).

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.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- mit geänderten Ansprüchen

Elektrisches Marknagelsystem

5

Die Erfindung betrifft ein Marknagelsystem mit einem lang gestreckten, einen Hohlraum aufweisenden, zumindest abschnittsweise elektrisch leitfähigen Nagelkörper, einer Spulenanordnung, einer mit einem ersten Pol der Spulenanordnung verbundenen ersten Elektrode und einer mit einem zweiten Pol der Spulenanordnung verbundenen zweiten Elektrode.

Derartige Marknagelsysteme sind auf dem Gebiet der Osteosynthese bekannt. Die Osteosynthese dient der belastungsstabilen Fixation der Fragmente eines gebrochenen oder kranken Knochens in seiner unverletzten, natürlichen Form durch implantierte Schrauben, Stützplatten, Drähte, Knochenmarknägel und dergleichen, die im Allgemeinen aus nicht rostenden Stahl- oder Titanlegierungen gefertigt sind. Diese Osteosynthesemittel ermöglichen die rasche Mobilisierung des Patienten bei gleichzeitiger Ruhigstellung des lädierten Knochens, die eine unerlässliche Voraussetzung für seine Heilung ist.

25

Problematisch an der starren Fixierung durch die vergleichsweise unelastischen, gewebeverdrängenden Stützimplantate ist jedoch die Behinderung der biologischen Erholung vor allem durch den Verlust von Blutgefäßen und Nerven. Außerdem leidet mit zunehmender Implantationsdauer die biomechanische Qualität der Stützstruktur durch den partiellen Entzug ihrer Funktion. Mit dem Verlust an biologischer Kontrolle aber wächst die Gefahr der Infektion durch

30

resistente Bakterien (MRSA = Multiresistenter Staphylococcus Aureus). Es wurde gezeigt, dass diese die Oberfläche von Metallimplantaten in Form eines adhärennten Biofilmes besiedeln können und mit einer Schleimhülle aus Polysacchariden dem Angriff von Antibiotika widerstehen.

Diesen Problemen kann im Rahmen der orthopädischen Chirurgie durch die magnetisch induzierte Elektro-Osteotherapie begegnet werden, beispielsweise unter Verwendung der eingangs genannten gattungsgemäßen Marknagelsysteme, wie beispielsweise in DE 26 36 818 C2 beschrieben. Bei der Elektro-Osteotherapie werden in Osteosynthesemitteln elektrische Wechsellpotentiale niedriger Frequenz dadurch induziert, dass ein betroffener Körperteil einem magnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird. Seit langem wurde in zahlreichen klinischen Anwendungen der verfahrensgemäßen Technik bei chronisch therapieresistenten, meist infizierten Knochendefekten, Zysten und Tumormetastasen sowie in kliniknahen experimentellen Studien gezeigt, dass mit der Verwendung der Osteosynthese-Implantate als Quellen extrem niederfrequenter sinusförmiger elektrischer Wechsellpotentiale in der dem Stützmetall anliegenden Knochenregion ein optimaler Heilungseffekt erzielt wird.

Die Technik der Übertragung funktioniert nach dem Transformatorprinzip: Die verletzte oder kranke Körperregion wird von einem extrem niederfrequenten sinusförmig verlaufenden Magnetfeld mit einer Frequenz von ca. 1 bis 100 Hz - vorzugsweise von 4 bis 20 Hz - und einer magnetischen Flussdichte von 0,5 bis 5 mT (5 bis 50 Gauß) durchflutet, das durch einen Funktionsstromgenerator in einer oder mehreren - primären - äußeren Stromspulen erzeugt wird, in die das mit den Osteosynthesemitteln versehene Körperteil eingebracht wird. Diese extrem niederfrequenten elektromagnetischen

schen Felder durchdringen weitgehend verlustfrei das Gewebe, einschließlich eventuelle Kleidung und einen Gipsverband, sowie die unmagnetischen (austenitischen) Stützmetalle der Osteosynthese. Im elektrischen Kontakt mit diesen
5 wird eine - sekundäre - Spulenordnung, der so genannte Übertrager, implantiert. Die in dem Übertrager induzierten Elektropotentiale werden so im Bereich der Knochenläsion sowie allgemein in dem an die Osteosynthesemittel angrenzenden Gewebe zur Wirkung gebracht.

10

Mit dieser Technik der induktiven Übertragung therapeutisch wirksamer Elektropotentiale auf die Bestandteile der Osteosynthese wird die Infektionsgefahr durch percutane Stromleitungen vermieden, und es können die Behandlungsparameter
15 elektrische Spannung, Frequenz, Intensität, Signalform und die Behandlungszeit mit der indikationsspezifischen Programmierung eines Funktionsstrom-Generators des induzierenden Magnetfeldes bestimmt werden.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein gattungsgemäßes Marknagelsystem insbesondere im Hinblick auf seine Handhabbarkeit und flexible Verwendbarkeit während der Operation, seine Stabilität, seine biologische Wirkung, seine therapeutische Wirksamkeit und seine Wirtschaftlichkeit zu
25 verbessern.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs gelöst.

30 Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Marknagelsystem dadurch auf, dass die Spulenordnung in einer proximal mit

dem Nagelkörper lösbar verbundenen Endkappenanordnung mit einer zumindest teilweise elektrisch leitfähigen äußeren Kontaktoberfläche vorgesehen ist, dass die Kontaktoberfläche gegen den Nagelkörper elektrisch isoliert ist, dass zu-

5 mindest ein Abschnitt der Kontaktoberfläche die erste Elektrode bildet und dass zumindest ein Abschnitt des Nagelkörpers die zweite Elektrode bildet. Während bei gattungsgemäßen Marknagelsystemen der Übertrager innerhalb des Nagelkörperhohlraums angeordnet ist, wählt die vorliegende

10 Erfindung eine andere Anordnung, nämlich in einem Gehäuse einer Endkappe, die bei der Implantation abschließend mit dem Nagelkörper in Verbindung gebracht wird. Hierdurch kann der Nagelkörper unbeeinflusst von den elektrischen Komponenten implantiert werden. Insbesondere wird die Verwendung

15 eines Führungsspießes nicht durch im Nagelkörperhohlraum angeordnete Bauteile behindert oder gar unmöglich gemacht. Der Führungsspieß wird in herkömmlicher Weise in den gebrochenen Knochen, beispielsweise die Tibia, eingeführt, und der Marknagel kann ohne weiteres nachgeführt werden. An-

20 schließend wird der Führungsspieß entfernt, und es können distale und/oder proximale Verriegelungsschrauben appliziert werden, die den Nagel durch gegenüberliegende Öffnungen zur Erzielung von zusätzlicher Rotationsstabilität durchdringen. Zum Abschluss der Implantation wird die End-

25 kappe, deren Gehäuse einen Pol der Spulenordnung kontaktiert, mit dem Nagelkörper verbunden. Dabei wird insbesondere ein elektrischer Kontakt zwischen dem anderen Pol der Spulenordnung und dem Nagelkörper hergestellt, so dass die Kontaktoberfläche der Endkappenanordnung und der Nagel-

30 körper ein Elektrodenpaar bilden. Zusätzlich zu den Vorteilen im Hinblick auf die Applizierbarkeit eines Führungsspießes ist festzuhalten, dass der Nagelkörper durch etwaige Ausnehmungen zur Aufnahme elektrischer Komponenten, beispielsweise Ausfräsungen, nicht geschwächt wird. Folglich

behält der Nagelkörper die Stabilität, die er auch im konventionellen "nicht elektrischen" Fall hätte, was zu einer erheblichen Reduzierung der Nagelbruchwahrscheinlichkeit führt. Diese Reduzierung wird noch dadurch erhöht, dass

5 aufgrund der vorteilhaften Wirkung der elektrischen Potentiale der Heilungsprozess verkürzt wird. Auf der Grundlage der Erfindung erhält die Endkappe somit eine Doppelfunktion. Zum einen verhindert sie das Einwachsen von Bindegewebe und Knochen in den Nagelkörper, das die Explantation des

10 Nagelkörpers erschweren würde. Zum anderen beherbergt die Endkappe die Komponenten, die dem Marknagelsystem die elektrischen Eigenschaften vermittelt. Neben den erwähnten Vorteilen im Hinblick auf die Verwendung eines weitgehend unveränderten Nagelkörpers ist weiterhin festzuhalten, dass

15 der Chirurg während der Operation entscheiden kann, ob er den Nagelkörper mit einer normalen Endkappe oder einer mit den elektrischen Komponenten ausgestatteten Endkappe verschließt. Außerdem sind die Bereitstellung und die Lagerhaltung magnetisch induzierbarer Endkappen wesentlich weniger

20 aufwendig und damit kostengünstiger als die Bereitstellung von magnetisch induzierbaren Nagelkörpern mit den erforderlichen unterschiedlichen Abmessungen. Weitere biologische Vorteile sind: Die Infektionsgefahr wird durch eine verstärkte Durchblutung und eine Immunreaktion des stimulierten Gewebes gemindert, die Antibiotikaresistenz des

25 multiresistenten *Staphylococcus Aureus* (MRSA) wird überwunden, und die Adhärenz von Bakterienfilmen auf der Oberfläche des Nagelkörpers wird durch die magnetisch induzierte elektrische Aktivierung der Oberfläche vermieden.

30

Die Erfindung ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Endkappenanordnung ein elektrisch leitfähiges Endkappengehäuse aufweist, dessen Oberfläche die Kontaktoberfläche bildet. Beispielsweise kann das Endkappenge-

häuse aus demselben Material bestehen wie der Nagelkörper. Die in dem Endkappengehäuse angeordneten elektrischen Komponenten sind vorzugsweise von einem gießfähigen elektrisch isolierenden Kunststoff umgeben, beispielsweise Epoxidharz.

5 Zusätzlich oder alternativ zu dem Epoxidharzverguss kann das proximale Ende des Endkappengehäuses durch einen elektrisch leitfähigen oder isolierenden Deckel verschlossen werden. Es ist nicht erforderlich, die gesamte Oberfläche des elektrisch leitfähigen Endkappengehäuses als Elektrode
10 zu realisieren. Bei einer vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrischen Endkappenanordnung kann zum Beispiel eine den Zylindermantel umgebende Ringelektrode vorgesehen sein, die über eine Isolierschicht mit dem nicht als Elektrode wirkenden Teil des Endkappengehäuses verbun-
15 den ist. Zum Beispiel kann die Ringelektrode in das Endkappengehäuse eingelassen sein, so dass eine glatte äußere Oberfläche zur Verfügung gestellt wird.

Insbesondere dann, wenn das ganze Endkappengehäuse eine Elektrode bildet ist nützlicherweise vorgesehen, dass die
20 Endkappenanordnung und der Nagelkörper unter Vermittlung einer Isolierschicht über Gewinde verbunden sind. Die Endkappe kann somit einschließlich ihres Gewindebereiches aus einem einheitlichen elektrisch leitenden Material gefertigt
25 werden, was die Fertigung erleichtert und durch die Verwendung von Metallgewinden eine stabile Verbindung zwischen Nagelkörper und Endkappe gewährleistet. Die erforderliche Isolierung zwischen Endkappe und Nagelkörper wird durch eine Isolierschicht bereitgestellt, die entweder fest mit dem
30 Nagelkörper oder fest mit der Endkappe verbunden ist. Ebenfalls ist es möglich, die Isolierschicht als separates Element vor dem Aufsetzen der Endkappe einzubringen. Unter Verzicht auf die Vorteile einer Endkappe aus einheitlichem Material ist es auch möglich, den das Gewinde tragenden Ab-

schnitt der Endkappe aus einem isolierenden Material zu fertigen.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist
5 vorgesehen, dass die Endkappenanordnung ein elektrisch isolierendes Endkappengehäuse sowie einen das Endkappengehäuse verschließenden elektrisch leitfähigen Deckel aufweist, dessen Oberfläche die Kontaktoberfläche bildet. Als Material für das Endkappengehäuse kommt beispielsweise Polyethy-
10 len in Frage, etwa in der Art, wie es auch für Gelenkpfannen im Bereich der Endoprothetik zum Einsatz kommt.

Die Erfindung ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass der zweite Pol der Spule über einen
15 elastischen elektrischen Kontakt mit einem in dem Hohlraum des Nagelkörpers angeordneten, elektrisch leitfähigen Einsatzelement verbunden ist, das elektrisch leitend mit dem Nagelkörper verbunden ist. Durch den elastischen elektrischen Kontakt über beispielsweise eine Spiralfeder, eine
20 Blattfeder oder dergleichen wird eine gute elektrische Leitfähigkeit im Kontaktbereich sichergestellt. Vor dem Aufschrauben der Endkappe wird ein elektrisch leitfähiges Einsatzelement in den Nagelkörper eingeführt. Im Anschluss daran wird die Endkappe aufgeschraubt, und durch einen e-
25 lastischen elektrischen Kontakt, der am distalen Ende der Endkappe vorzugsweise zentral angeordnet ist, wird die Kontaktierung des zweiten Pols der Spulenordnung mit dem Nagelkörper hergestellt. Der Einsatzkörper ist so in dem Nagelkörper befestigt, dass zumindest eine axiale Verschiebung in distale Richtung behindert ist. Auf diese Weise
30 bietet der Einsatzkörper die erforderliche Gegenkraft für die die elektrische Kontaktierung begünstigende Verformung des elastischen Kontaktes.

Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das Einsatzelement eine Kompressionsschraube ist, über die eine zwei gegenüberliegende Langlöcher in dem Nagelkörper durchdringende Schaftschraube mit einer axial gerichteten Kraft

5 beaufschlagbar ist. Die Kompressionsschraube drückt gegen eine in den Langlöchern platzierte Schaftschraube, wodurch die Knochenfragmente im Bereich des Frakturspaltes aufeinander gepresst werden. In axial stabilen Frakturen entsteht so eine biomechanisch günstige, aktive, zirkumferente Kompression der Frakturfragmente. Insbesondere wird hierdurch
10 die axiale Belastung auf den Knochen übertragen, so dass der Nagelkörper entlastet wird. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung erhält die Kompressionsschraube eine Doppelfunktion. Neben der komprimierenden Funktionalität
15 wird die Kompressionsschraube zum Bestandteil des elektrischen Systems, indem sie nämlich den Kontakt zwischen dem zweiten Pol der Spulenordnung und dem als Elektrode wirkenden Nagelkörper herstellt.

20 Die Erfindung ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Spulenordnung mit der Kontaktoberfläche über einen elektrischen Gleichrichter in der Weise verbunden ist, dass die durch die Kontaktoberfläche gebildete erste Elektrode zumindest überwiegend positive Polarität hat. Auf diese Weise wird die magnetisch induzierte
25 Osteogenese auf den Stabilisierungsbereich des Marknagelsystems, das heißt den Nagelkörper, konzentriert, da die Osteogenese von der Polarität der jeweiligen Elektroden abhängt, nämlich an der Kathode begünstigt und an der Anode behindert wird. Folglich wird die Knochenbildung in der Um-
30 gebung der Endkappe behindert, vermieden, und/oder es wird eine Osteolyse bewirkt, während im Bereich der Fraktur die Knochenbildung in erwünschter Weise verstärkt wird. Insbesondere wird hierdurch die Explantation des Marknagelsys-

tems vereinfacht, denn die Endkappe kann zum Zwecke der
Explantation einfach abgenommen werden, ohne dass dies
durch Knochengewebe behindert würde. Durch die magnetisch
induzierte Osteogenese in der Umgebung des Nagelkörpers
5 wird die Wiederherstellung der mechanischen Belastbarkeit
des Knochens beschleunigt. Dadurch kann die chirurgische
Methode der Umwandlung einer statischen Verriegelung des
heilenden Knochens in eine dynamische Verriegelung durch
die Entfernung der proximalen Verriegelungsschrauben zu ei-
10 nem früheren Zeitpunkt geschehen. Dies gilt auch für den
Zeitpunkt der Entnahme des gesamten Marknagelsystems.

Es kann vorgesehen sein, dass in Parallelschaltung zu dem
Gleichrichter ein ohmscher Widerstand vorgesehen ist. E-
15 benfalls kann vorgesehen sein, dass in Parallelschaltung zu
dem Gleichrichter ein kapazitiver Widerstand vorgesehen
ist. Durch diese Maßnahmen wird eine unvollständige Gleich-
richtung erreicht, wodurch Parameter zur Einstellung der
geeigneten Verhältnisse im Hinblick auf die Osteogenese und
20 die Osteolyse zur Verfügung stehen.

Nützlicherweise ist vorgesehen, dass die Spulenordnung
einen Spulenkern aufweist. Durch einen solchen Kern, bei-
spielsweise einen weichmagnetischen Ferritkern, kann die
25 elektrische Leistung bei gegebener äußerer Magnetfeldstärke
erhöht werden. Unter Beibehaltung der elektrischen Leistung
kann mit niedrigeren Magnetfeldstärken und/oder kleineren
Komponenten in der Endkappe gearbeitet werden.

30 Weiterhin kann vorgesehen sein, dass in den Nagelkörper
mindestens ein lang gestrecktes weichmagnetisches Element
eingeschoben ist. Durch die Anordnung von weichmagnetischem
Material im Nagelkörper wird das von außen applizierte Mag-
netfeld verstärkt. Diese Verstärkung wirkt sich auch im Be-

reich der Endkappe aus, so dass bei gegebener Übertra-
gergröße höhere elektrische Leistungen zur Verfügung ste-
hen. Bei gegebenem magnetischem Wechselfeld kann somit eine
gewünschte elektrische Leistung unter Verwendung eines
5 kleineren Übertragers zur Verfügung gestellt werden, so
dass weniger Bauraum für den Übertrager benötigt wird. Das
erfindungsgemäße Marknagelsystem kann daher mit kleinen
Endkappen realisiert werden.

- 10 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann vor-
gesehen sein, dass in den Nagelkörper mindestens ein lang
gestrecktes, ungesättigtes permanentmagnetisches Element
eingeschoben ist. Die über die Oberflächen Elektroden am Na-
gelkörper und an der Endkappe erzeugten elektrischen Felder
15 haben eine nur sehr geringe Eindringtiefe in das umgebende
Gewebe, die meist nur wenige Zelldurchmesser beträgt. Durch
die Bereitstellung eines permanentmagnetischen Elementes
wird ein Magnetfeld auch in weiter vom Implantat entfernten
Geberegionen erzeugt, wobei dieses mit zunehmender radia-
20 ler Entfernung vom permanentmagnetischen Element abnimmt.
Aufgrund der Anwesenheit dieses Gradientenmagnetfeldes kön-
nen aufgrund der Bewegung des Gewebes elektrische Felder im
Gewebe induziert werden, und zwar mit deutlich größerem Ab-
stand vom Implantat als dies auf der Grundlage der Oberflä-
25 chenelektroden möglich ist. Folglich kann auch in größerer
Entfernung vom Implantat der Heilungsprozess gefördert wer-
den. Das permanentmagnetische Element ist magnetisch unge-
sättigt, so dass dessen Magnetisierung dem von außen ange-
wandten Wechselfeld teilweise folgen kann. Hierdurch wird
30 sichergestellt, dass keine unerwünschte vollständige Kon-
zentration des von außen angelegten Magnetfeldes auf den
Bereich um das permanentmagnetische Element stattfindet.
Vielmehr kann ein ausreichendes Magnetfeld im Bereich des
Übertragers in der Endkappe zur Verfügung gestellt werden.

Das ungesättigte permanentmagnetische Element kann somit auch vorteilhaft in Kombination mit einem weichmagnetischen Element eingeschoben werden.

5 Nützlicherweise ist vorgesehen, dass das mindestens eine lang gestreckte Element von einem Isoliermantel umgeben ist. Dieses kann beispielsweise durch einen Schrumpfschlauch gebildet sein, der das Element flüssigkeits- und gasdicht einhüllt.

10

Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass mehrere lang gestreckte Elemente von demselben Isoliermantel umgeben sind. Werden beispielsweise mehrere weichmagnetische Elemente eingeschoben oder mehrere ungesättigte permanentmagnetische Elemente oder auch Kombinationen derselben, so können diese
15 sogleich in einem einzigen Isoliermantel zusammengefasst sein. Das Einschieben ist während der Operation daher mit einem einzigen Handgriff bewerkstelligt.

20 Die Erfindung ist ferner dadurch besonders nützlich weitergebildet, dass die äußere Oberfläche des Nagelkörpers zumindest teilweise mit einer die Oberfläche des Nagelkörpers vergrößernden und die Anlagerung von Bakterien vermeidenden, elektrisch leitfähigen Beschichtung versehen ist. Bakterizide Beschichtungen sind bekannt. Wählt man eine elektrisch leitfähige bakterizide Beschichtung, die die Oberfläche des Nagelkörpers vergrößert, so kommt es zu einer Verstärkung des bakteriziden Effektes, nämlich aufgrund der vergrößerten Oberfläche zur Übertragung des elektrischen
25 Feldes auf das umgebende Gewebe.
30

In diesem Zusammenhang ist bevorzugt, dass die Beschichtung Silber aufweist. Eine Silberbeschichtung kann beispielsweise

se direkt auf Implantate aus Stahl- oder Titanlegierungen mittels einer Sputtertechnik aufgebracht werden.

5 Nützlicherweise kann aber auch vorgesehen sein, dass zwischen der Oberfläche des Nagelkörpers und der Beschichtung eine poröse Zwischenschicht vorgesehen ist. Die elektrisch leitfähige Verbindung der Beschichtung mit der unter der Zwischenschicht liegenden Oberfläche des Nagelkörpers wird durch die umgebende Körperflüssigkeit und/oder durch direkten
10 Kontakt der Silberpartikel mit der Oberfläche zur Verfügung gestellt. Die poröse Zwischenschicht besteht beispielsweise aus Keramik oder Kunststoff.

Die Erfindung betrifft weiterhin einen Nagelkörper, der geeignet ist, zusammen mit einem erfindungsgemäßen Marknagel-
15 system zum Einsatz zu kommen.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Endkappenanordnung, die geeignet ist, zusammen mit dem erfindungsgemäßen Marknagelsystem zum Einsatz zu kommen.
20

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.
25

Es zeigen:

Figur 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems;
30

Figur 2 einen in axiale Richtung geführten Schnitt durch den proximalen Endbereich einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems;

Figur 3 einen in axiale Richtung geführten Schnitt durch den proximalen Endbereich einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems;

Figur 4 eine erste Ausführungsform einer im Zusammenhang mit der Erfindung einsetzbaren Gleichrichterschaltung;

10

Figur 5 eine zweite Ausführungsform einer im Rahmen des erfindungsgemäßen Marknagelsystems einsetzbaren Gleichrichterschaltung;

Figur 6 einen radialen Schnitt durch einen Nagelkörper eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems mit darin angeordneten magnetischen Stäben und

Figur 7 einen Schnitt durch die Oberfläche eines Nagelkörpers eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems mit einer die Oberfläche vergrößernden Beschichtung.

20

Bei der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder vergleichbare Komponenten.

25

Figur 1 zeigt eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems; Figur 2 zeigt einen in axiale Richtung geführten Schnitt durch den proximalen Endbereich einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems. Es ist ein Marknagelsystem für die Stabilisierung und Ruhestellung von Fragmenten eines gebrochenen Knochens dargestellt, beispielsweise des Schienbeinknochens (Tibia),

30

des Oberschenkelknochens (Femur) oder des Oberarmknochens (Humerus). Das Marknagelsystem umfasst einen annähernd zylindrischen Nagelkörper 12 und eine Öffnung des Nagelkörper 12 an seinem proximalen Ende 54 verschließende im Wesentlichen axialsymmetrische Endkappenanordnung 20. Der Nagelkörper 12 hat an seinem distalen Ende 56 ebenfalls eine nicht dargestellte Öffnung. Die Öffnungen am proximalen Ende 54 und am distalen Ende 56 sind über einen Hohlraum 10 im Nagelkörper 12 miteinander verbunden. Es sind Verriegelungsöffnungen 58, 60, 62, 64 in der Wandung des Nagelkörpers vorgesehen, wobei den dargestellten Verriegelungsöffnungen 58, 60, 62, 64 jeweils eine weitere nicht dargestellte Verriegelungsöffnung diametral gegenüberliegt. Die eine Gruppe der Verriegelungsöffnungen 58, 60 ist am distalen Ende 56 angeordnet, während die andere Gruppe der Verriegelungsöffnungen 62, 64 am proximalen Ende 54 vorgesehen ist. Ebenfalls am proximalen Ende 54 des Nagelkörpers 12 ist ein sich diametral gegenüberliegendes Langlochpaar 32, 34 vorgesehen.

Das in Figur 1 dargestellte Marknagelsystem kommt im Rahmen der Osteosynthese wie folgt zum Einsatz. Zunächst wird ein (nicht dargestellter) Führungsspieß in den Hohlraum eines frakturierten Röhrenknochens über den Frakturspalt hinaus eingeführt. Im Anschluss daran wird der Nagelkörper 12 über den Führungsspieß in den Röhrenknochen geführt. Nachfolgend kann der Führungsspieß entnommen werden. Über die Verriegelungsöffnungen 58, 60, 62, 64 können eine oder mehrere den Knochenschaft durchdringende Verriegelungsschrauben eingesetzt werden, die dem durch den Nagelkörper 12 stabilisierten Knochen zusätzliche Rotationsstabilität geben. Eine weitere Schaftschraube kann durch die Langlöcher 32 geführt werden. Diese dient der axialen Kompression des Frakturspaltes, indem nämlich vom proximalen Ende eine Kompressi-

onsschraube 30 in ein Innengewinde des Nagelkörpers eingeschraubt wird, die sich an ihrem distalen Ende an der in den Langlöchern 32, 34 angeordneten Schaftschraube 32 abstützt. Zum Abschluss der Implantation wird eine Endkappenanordnung 20 auf den Nagelkörper 12 aufgesetzt, vorzugsweise über einen Gewindebereich 26, der von einem Außengewinde an der Endkappenanordnung 20 in einem Innengewinde des Nagelkörpers gebildet wird.

10 Wie insbesondere in Figur 2 erkennbar ist, enthält die Endkappenanordnung 20 eine Spulenordnung 14, und im aufgeschraubten Zustand der Endkappenanordnung 20 wirkt diese selbst als Elektrode, während der Nagelkörper 12 die Gegenelektrode bildet. Die Spulenordnung 14 ist in einem freien
15 en Volumen des Endkappengehäuses 22 angeordnet. Die Spulenordnung 14 umgibt einen Weicheisenkern, der zur Verstärkung des von außen zugeführten magnetischen Wechselfeldes vorgesehen ist. Ein Pol der Spulenordnung 14 tritt über eine Parallelschaltung aus Diode 36, ohmschem Widerstand 42
20 und kapazitivem Widerstand 44 mit einer Kontaktstelle 76 des Endkappengehäuses 22 in Kontakt. Die durch die Diode 36 realisierte Gleichrichterschaltung kann sich vorteilhaft auf die Lokalisierung des Knochenwachstums auswirken. So wird die Oberfläche des Endkappengehäuses 22 zur Anode, an
25 der das Knochenwachstum gehemmt wird oder sogar Osteolyse stattfindet, während der Nagelkörper 12 zur Kathode wird, so dass insbesondere im Frakturbereich das Knochenwachstum gefördert wird. Die zu der Diode 36 parallel geschalteten Bauteile, das heißt der ohmsche Widerstand 42 und der kapazitive Widerstand 44 sind optional. Durch sie wird der
30 Spannungsverlauf im Vergleich zur nicht gleichgerichteten Spannung in Richtung positiver Polarität in der Weise verschoben, dass eine nicht vollständige Gleichrichtung vorliegt. Unter Verzicht auf die genannten Vorteile der

Gleichrichtung ist die Diode entbehrlich, so dass der erste Pol der Spulenordnung 14 das Endkappengehäuse 22 direkt kontaktieren kann. Der andere Pol der Spulenordnung 14 befindet sich über eine Kontaktstelle 74 mit einer Spiralfeder 28 in elektrischem Kontakt. Zu diesem Zweck wird eine elektrische Leitung 72 durch einen distalen Bereich des Endkappengehäuses geführt, wobei eine Isolierung 70 einen elektrischen Kurzschluss der Spulenordnung verhindert. Der distale Bereich der Endkappenanordnung 20, der gegenüber dem proximalen Bereich verjüngt ist, trägt ein Gewinde. Über einen Gewindebereich 26 ist die Endkappenanordnung 20 in den Nagelkörper 12 eingeschraubt, wobei eine den Kurzschluss der Spulenordnung verhindernde Isolierschicht 24 vorgesehen ist. Diese Isolierschicht 24 setzt sich vorteilhaft in proximale Richtung fort, beispielsweise bis zur Isolierung 66 beim Übergang zwischen dem proximalen zu dem distalen Bereich der Endkappenanordnung 20. In den Nagelkörper 12 ist weiterhin eine Kompressionsschraube 30 über einen Gewindebereich 68 eingeschraubt. Wie erwähnt dient diese Kompressionsschraube 30 dazu, eine die Langlöcher 32, 34 durchdringende Schaftschraube in axiale Richtung mit Kraft zu beaufschlagen, so dass eine Kompression im Bereich des Frakturspaltes erfolgen kann. Im vorliegenden Zusammenhang dient die Kompressionsschraube 30 weiterhin zur elektrischen Kontaktierung der Spiralfeder 28, die sich an ihrem proximalen Ende an der Isolierung 24 und an ihrem distalen Ende an der Kompressionsschraube 30 abstützt. Über den Gewindebereich 68 und gegebenenfalls über die die Langlöcher 32, 34 durchdringende, nicht dargestellte Schaftschraube wird der elektrische Kontakt zwischen der Spulenordnung 14, das heißt insbesondere der Kontaktstelle 74, und dem Nagelkörper 12 hergestellt. Die elektrischen Komponenten im Inneren des Endkappengehäuses 22 sind von einer biologisch

verträglichen Epoxidgießharzmasse elektrisch isolierend und mechanisch stabilisierend umgeben.

Figur 3 zeigt einen in axiale Richtung geführten Schnitt
5 durch den proximalen Endbereich einer zweiten Ausführungs-
form eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems. Im Unter-
schied zu der Ausführungsform gemäß Figur 2 kommt hier eine
Endkappengehäuse 22 aus elektrisch isolierendem Material,
beispielsweise biologisch verträglichem Polyethylen, zum
10 Einsatz. Die Kontaktoberfläche wird durch einen elektrisch
leitfähigen Deckel 90 gebildet, der das Endkappengehäuse 22
an seinem proximalen Ende verschließt. Der Deckel 90 kann
mit dem Endkappengehäuse durch Kleben, Schrauben, Klipsen
oder dergleichen verbunden sein. Im Falle einer gas- und
15 flüssigkeitsdichten Verbindung des Deckels 90 mit dem End-
kappengehäuse 22 ist ein Ausgießen des Gehäuseinneren ent-
behrlich, wenngleich dennoch möglich, beispielsweise zur
mechanischen Stabilisierung der elektrischen Komponenten
und Verbindungen. Die im Zusammenhang mit Figur 2 beschrie-
20 benen Isolierungen 24, 26, 70 des Endkappengehäuses 22 ge-
gen den Nagelkörper sind bei elektrisch isolierendem End-
kappengehäuse 22 gemäß Figur 3 entbehrlich.

Die Figuren 4 und 5 zeigen zwei Ausführungsformen einer in
25 Zusammenhang mit der Erfindung einsetzbaren Gleichrichter-
schaltung. Die Schaltung in Figur 4 entspricht im Wesentli-
chen der bereits anhand von Figur 2 beschriebenen Schal-
tung, wobei allerdings kein kapazitiver Widerstand vor-
liegt. Ebenso kann die Parallelschaltung eines ohmschen Wi-
30 derstandes 62 je nach Anwendung entbehrlich sein. Während
Figur 4 eine Einweggleichrichterschaltung zeigt, ist in Fi-
gur 5 eine Zweiweggleichrichtung dargestellt. Die Spulen-
anordnung 14 hat einen Mittelabgriff 78 von dem aus sie über
einen ohmschen Widerstand 82 mit einem zur Kontaktstelle 74

am Nagelkörper 12 beziehungsweise der Spiralfeder 28 führenden Schaltungsknoten 80 verbunden ist. Der Mittelabgriff 78 ist weiterhin direkt mit der Kontaktstelle 76 an dem Endkappengehäuse verbunden. Am Schaltungsknoten 80 sind
5 zwei Dioden 38, 40 angeschlossen, die die beiden Endpunkte der Spulenanordnung kontaktieren. Ebenso wie im Zusammenhang mit den Figuren 2 und 3 erläutert wurde, kann auch die in Figur 5 dargestellte Zweiweggleichrichterschaltung durch das Wechselstromverhalten der Schaltung beeinflussende Wi-
10 derstände modifiziert werden.

Figur 6 zeigt einen radialen Schnitt durch einen Nagelkörper eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems mit darin angeordneten magnetischen Stäben. Der Nagelkörper 12 hat mehrere entlang seines Umfangs angeordnete sich in axiale
15 Richtung erstreckende Ausnehmungen 84, die eine Rotationsstabilisierung des Nagelkörpers 12 im Knochen zur Verfügung stellen. Im Hohlraum 10 des Nagelkörpers 12 ist ein Isoliermantel 52 mit vier darin angeordneten Stäben 48, 50
20 vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um drei Stäbe 48 aus weichmagnetischem Material und um einen Stab 50 aus ungesättigtem permanentmagnetischem Material. Andere Varianten sind möglich, nämlich eine Variation der Anzahl der Stäbe, ein ausschließliches Vorsehen von weich-
25 magnetischem Material oder ein ausschließliches Vorsehen von ungesättigtem permanentmagnetischem Material. Die weichmagnetischen Stäbe 48 bündeln das von außen zugeführte magnetische Wechselfeld, so dass es zu einer lokalen Verstärkung kommt, die bis in den Bereich der in der Endkappenanordnung 20 vorgesehenen Spulenanordnung 14 wirkt.
30 Folglich haben die weichmagnetischen Stäbe 48 eine verstärkende Wirkung auf die über die Gewebeelektroden zur Verfügung gestellte elektrische Leistung. Der ungesättigte permanentmagnetische Stab 50 kann dem extern zugeführten mag-

netischen Wechselfeld teilweise folgen, so dass, anders als bei einem gesättigten permanentmagnetischen Stab, ein "Kurzschluss" des Magnetfeldes verhindert wird. Die besondere Wirkung des permanentmagnetischen Elementes kommt bei fehlendem externem Magnetfeld zum Tragen, nämlich durch die Bereitstellung eines in den den Nagelkörper 12 umgebenden Gewebebereich eindringenden radial nach außen abnehmenden magnetischen Gradientenfeldes. Auf der Grundlage dieses permanent vorhandenen Magnetfeldes und der Gewebebewegungen senkrecht zum permanenten Magnetfeld werden elektrische Felder im Gewebe induziert, die den Heilungsprozess fördern. Im Gegensatz zu dem nur wenige Zelldurchmesser in das Gewebe eindringenden elektrischen Feld, das durch die Oberflächenenelektroden erzeugt wird, dringt das Permanentmagnetfeld tief in das Gewebe ein, so dass auch hier den Heilungsprozess fördernde elektrische Felder induziert werden. Ein äußeres magnetisches Wechselfeld kann den Permanentmagneten zusätzlich in eine sich vorteilhaft auf den Heilungsprozess auswirkende Vibration versetzen.

Figur 7 zeigt einen Schnitt durch die Oberfläche eines Nagelkörpers eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems mit einer die Oberfläche vergrößernden Beschichtung. Die äußere Oberfläche des Nagelkörpers 12 ist mit einer die Oberfläche vergrößernden und die Anlagerung von Bakterien vermeidenden elektrisch leitfähigen Beschichtung, vorzugsweise aus in kolloidem Zustand vorliegenden Silberpartikeln 26, versehen. Die Beschichtung der Oberfläche wird durch eine poröse Zwischenschicht 68 vermittelt, die beispielsweise aus Kunststoff oder Keramik besteht. Ebenfalls ist möglich, dass die Silberpartikel zusätzlich oder alternativ in die Zwischenschicht eingelagert sind. Dies kann durch das Aufbringen einer Keramik-Silber-Emulsion realisiert werden. Der elektrische Kontakt zwischen der Oberfläche des Nagel-

körpers 12 und der elektrisch leitfähigen Beschichtung 86 wird über Körperflüssigkeit oder durch direkten Kontakt der Oberfläche des Nagelkörpers 12 mit der Beschichtung 86 im Bereich der Poren der porösen Oberfläche 88 zur Verfügung
5 gestellt. Durch die bakterizide Beschichtung 86 wird die Anlagerung von Bakterien auch ohne über die Nageloberfläche zur Verfügung gestellte elektrische Potentiale behindert. Dieser Effekt wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung durch die induzierten elektrischen Felder verstärkt. Wei-
10 terhin wird auch die Wirkung des induzierten elektrischen Feldes auf das umgebende Gewebe begünstigt, da die elektrisch leitfähige Beschichtung 86 die Kontaktfläche zwischen Gewebe und Elektrode vergrößert. Im Ergebnis können hierdurch die positiven biologischen Effekte verbessert
15 werden, oder es können unter Beibehaltung einer gegebenen Qualität einfachere und kleinere Geräte zum Einsatz kommen, was insbesondere die Spulenordnung und die das externe magnetische Wechselfeld erzeugenden Gerätschaften betrifft.

20 Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

	10	Hohlraum
	12	Nagelkörper
5	14	Spulenanordnung
	16	erste Elektrode
	18	zweite Elektrode
	20	Endkappenanordnung
	22	Endkappengehäuse
10	24	Isolierschicht
	26	Gewindebereich
	28	elastischer elektrischer Kontakt
	30	Kompressionsschraube
	32	Langloch
15	34	Langloch
	36	Diode
	38	Diode
	40	Diode
	42	ohmscher Widerstand
20	44	kapazitiver Widerstand
	46	Spulenkern
	48	weichmagnetischer Stab
	50	ungesättigtes permanentmagnetisches Element
	52	Isoliermantel
25	54	proximales Ende
	56	distales Ende
	58	Verriegelungsöffnung
	60	Verriegelungsöffnung
	62	Verriegelungsöffnung
30	64	Verriegelungsöffnung
	66	Isolierung
	68	Gewindebereich
	70	Isolierung
	72	elektrische Leitung

	74	Kontaktstelle
	76	Kontaktstelle
	78	Mittelabgriff
	80	Schaltungsknoten
5	82	ohmscher Widerstand
	84	Ausnehmungen
	86	elektrisch leitfähige Beschichtung
	88	poröse Zwischenschicht
	90	Deckel
10		

ANSPRÜCHE

5 1. Marknagelsystem mit einem lang gestreckten, einen
Hohlraum (10) aufweisenden, zumindest abschnittsweise e-
lektrisch leitfähigen Nagelkörper (12), einer Spulenanzord-
nung (14), einer mit einem ersten Pol der Spulenanzordnung
verbundenen ersten Elektrode (16) und einer mit einem zwei-
10 ten Pol der Spulenanzordnung verbundenen zweiten Elektrode
(18), **dadurch gekennzeichnet,**

- dass die Spulenanzordnung (18) in einer proximal mit
dem Nagelkörper (12) lösbar verbundenen Endkappenanz-
15 ordnung (20) mit einer zumindest teilweise elektrisch
leitfähigen äußeren Kontaktfläche vorgesehen ist,

- dass die Kontaktfläche gegen den Nagelkörper e-
lektrisch isoliert ist,
20

- dass zumindest ein Abschnitt der Kontaktfläche die
erste Elektrode (16) bildet und

- dass zumindest ein Abschnitt des Nagelkörpers die
25 zweite Elektrode (18) bildet.

2. Marknagelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeich-
net,** dass die Endkappenanzordnung (20) ein elektrisch leit-
fähiges Endkappengehäuse (22) aufweist, dessen Oberfläche
30 die Kontaktfläche bildet.

3. Marknagelsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch ge-
kennzeichnet,** dass die Endkappenanzordnung (20) und der Na-

gelkörper (12) unter Vermittlung einer Isolierschicht (24) über Gewinde (26) verbunden sind.

4. Marknagelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endkappenanordnung (20) ein elektrisch isolierendes Endkappengehäuse (22) sowie einen das Endkappengehäuse verschließenden elektrisch leitfähigen Deckel (90) aufweist, dessen Oberfläche die Kontaktoberfläche bildet.

10 5. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Pol der Spule über einen elastischen elektrischen Kontakt (28) mit einem in dem Hohlraum (10) des Nagelkörpers (12) angeordneten, elektrisch leitfähigen Einsatzelement (30) verbunden ist,
15 das elektrisch leitend mit dem Nagelkörper (12) verbunden ist.

6. Marknagelsystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einsatzelement eine Kompressionsschraube (30)
20 ist, über die eine zwei gegenüberliegende Langlöcher (32, 34) in dem Nagelkörper durchdringende Schaftschraube mit einer axial gerichteten Kraft beaufschlagbar ist.

7. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spulenordnung (14)
25 mit der Kontaktoberfläche über einen elektrischen Gleichrichter (36, 38, 40) in der Weise verbunden ist, dass die durch die Kontaktoberfläche gebildete erste Elektrode (16) zumindest überwiegend positive Polarität hat.

30

8. Marknagelsystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Parallelschaltung zu dem Gleichrichter (36, 38, 40) ein ohmscher Widerstand (42) vorgesehen ist.

9. Marknagelsystem nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Parallelschaltung zu dem Gleichrichter (36, 38, 40) ein kapazitiver Widerstand (44) vorgesehen ist.

5

10. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spulenordnung (14) einen Spulenkern (46) aufweist.

10 11. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Nagelkörper (12) mindestens ein lang gestrecktes weichmagnetisches Element (48) eingeschoben ist.

15 12. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Nagelkörper (12) mindestens ein lang gestrecktes, ungesättigtes permanentmagnetisches Element (50) eingeschoben ist.

20 13. Marknagelsystem nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine lang gestreckte Element (48, 50) von einem Isoliermantel (52) umgeben ist.

25 14. Marknagelsystem nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere lang gestreckte Elemente (48, 50) von demselben Isoliermantel (52) umgeben sind.

30 15. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die äußere Oberfläche des Nagelkörpers (12) zumindest teilweise mit einer die Oberfläche des Nagelkörpers vergrößernden und die Anlagerung von Bakterien vermeidenden, elektrisch leitfähigen Beschichtung versehen ist.

16. Marknagelsystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung Silber aufweist.

17. Marknagelsystem nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Oberfläche des Nagelkörpers (12) und der Beschichtung eine poröse Zwischenschicht vorgesehen ist.

18. Nagelkörper (12), der geeignet ist, zusammen mit einem Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Einsatz zu kommen.

19. Endkappenanordnung (20), die geeignet ist, zusammen mit einem Marknagelsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17 zum Einsatz zu kommen.

AMENDED CLAIMS

received by the International Bureau on 24 September 2007 (24.09.2007)

16. Marknagelsystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung Silber aufweist.

17. Marknagelsystem nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Oberfläche des Nagelkörpers
5 (12) und der Beschichtung eine poröse Zwischenschicht vorgesehen ist.

Fig. 1

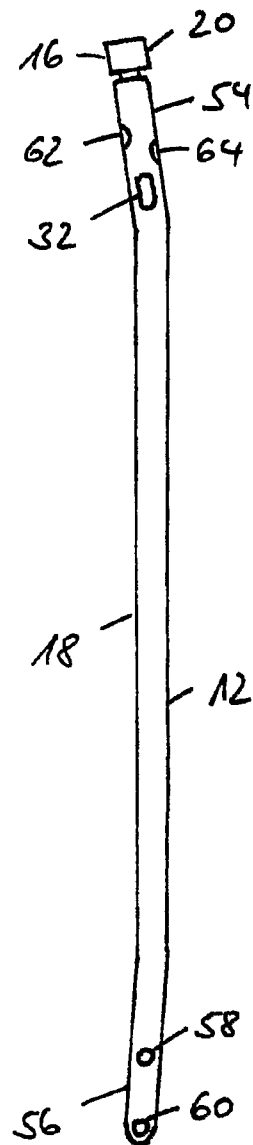


Fig. 2

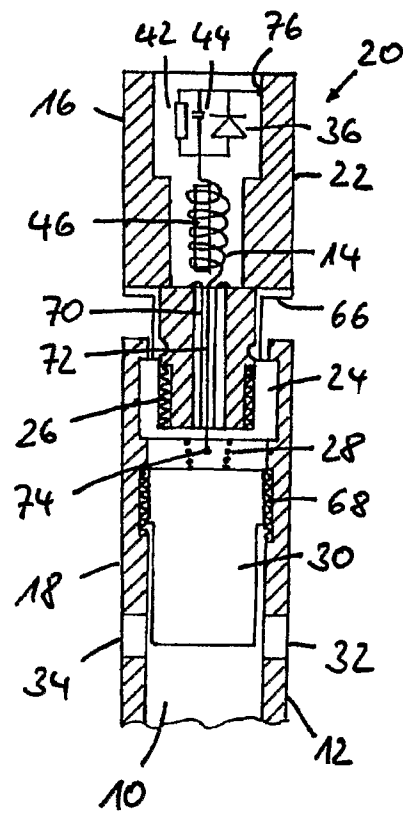


Fig. 3

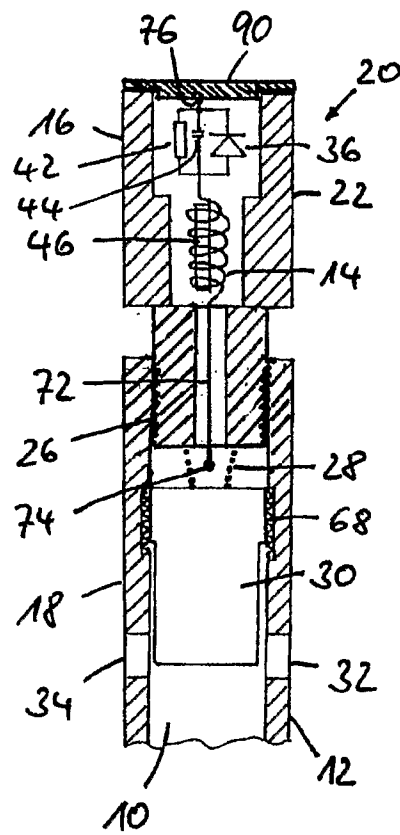


Fig. 4

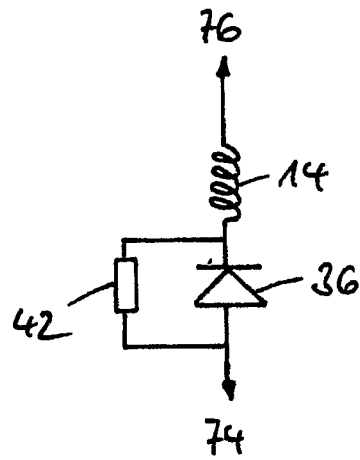


Fig. 5

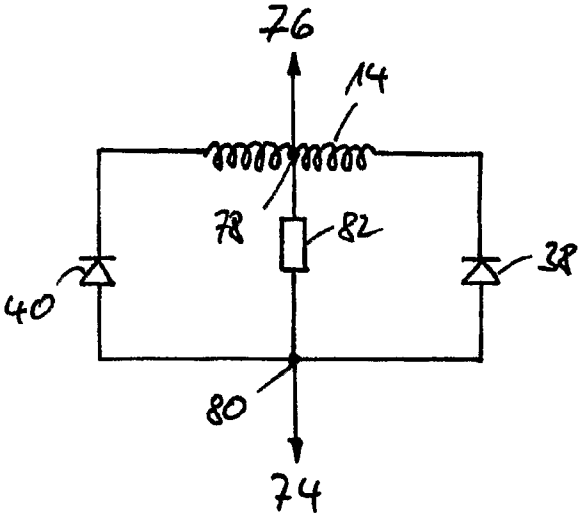
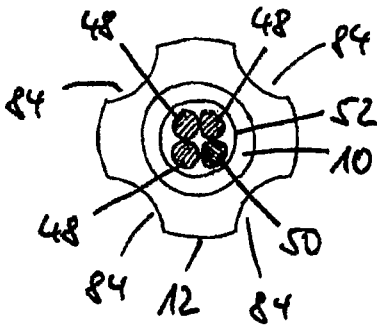
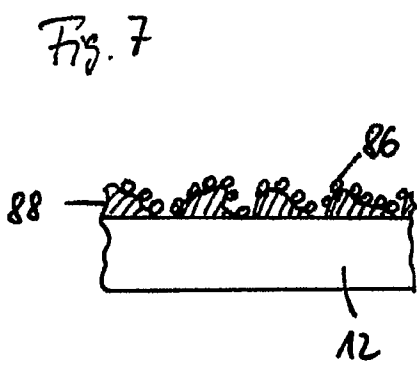


Fig. 6





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2007/000640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B17/72
ADD. A61F2/28 A61N1/32

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 A61N

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.
A	DE 26 36 818 A1 (KRAUS WERNER) 23 February 1978 (1978-02-23) cited in the application claims 1,4,6,7	1
X	US 6 224 601 B1 (FRIEDL WILHELM [DE]) 1 May 2001 (2001-05-01) column 7, lines 33-37; figure 2	18
X	WO 02/38082 A (WITTENSTEIN AG [DE]; STAUCH ROMAN [DE]; WITTENSTEIN MANFRED [DE]) 16 May 2002 (2002-05-16)	19
A	abstract; claims 5,8,10; figures 1,2,4,12 page 3, lines 14-25	1
A	EP 0 781 532 A2 (REHBERG CHRISTOPH [DE]) 2 July 1997 (1997-07-02) abstract; figures 1-4a	1
-/--		



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.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 July 2007

Date of mailing of the international search report

23/07/2007

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

Macaire, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2007/000640

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 197 09 514 C1 (ESKA IMPLANTS GMBH & CO [DE]) 12 November 1998 (1998-11-12) abstract; figure 1 column 1, lines 36-48 columns 229-43</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2007/000640

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 2636818	A1	23-02-1978	NONE
US 6224601	B1	01-05-2001	NONE
WO 0238082	A	16-05-2002	AU 2477702 A 21-05-2002 BR 0115225 A 07-10-2003 CN 1473027 A 04-02-2004 DE 10055519 A1 06-06-2002 EP 1331903 A1 06-08-2003 ES 2223014 T3 16-02-2005 US 2004023623 A1 05-02-2004
EP 0781532	A2	02-07-1997	AT 214577 T 15-04-2002 DE 19544750 A1 05-06-1997 US 6034295 A 07-03-2000
DE 19709514	C1	12-11-1998	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000640

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. A61B17/72

ADD. A61F2/28 A61N1/32

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

A61B A61F A61N

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.
A	DE 26 36 818 A1 (KRAUS WERNER) 23. Februar 1978 (1978-02-23) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1,4,6,7 -----	1
X	US 6 224 601 B1 (FRIEDL WILHELM [DE]) 1. Mai 2001 (2001-05-01) Spalte 7, Zeilen 33-37; Abbildung 2 -----	18
X	WO 02/38082 A (WITTENSTEIN AG [DE]; STAUCH ROMAN [DE]; WITTENSTEIN MANFRED [DE]) 16. Mai 2002 (2002-05-16)	19
A	Zusammenfassung; Ansprüche 5,8,10; Abbildungen 1,2,4,12 Seite 3, Zeilen 14-25 ----- -/--	1

☒ 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

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Juli 2007

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/07/2007

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

Macaire, Stéphane

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000640

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 781 532 A2 (REHBERG CHRISTOPH [DE]) 2. Juli 1997 (1997-07-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4a -----	1
A	DE 197 09 514 C1 (ESKA IMPLANTS GMBH & CO [DE]) 12. November 1998 (1998-11-12) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 1, Zeilen 36-48 Spalten 229-43 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000640

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2636818	A1	23-02-1978	KEINE
US 6224601	B1	01-05-2001	KEINE
WO 0238082	A	16-05-2002	AU 2477702 A 21-05-2002 BR 0115225 A 07-10-2003 CN 1473027 A 04-02-2004 DE 10055519 A1 06-06-2002 EP 1331903 A1 06-08-2003 ES 2223014 T3 16-02-2005 US 2004023623 A1 05-02-2004
EP 0781532	A2	02-07-1997	AT 214577 T 15-04-2002 DE 19544750 A1 05-06-1997 US 6034295 A 07-03-2000
DE 19709514	C1	12-11-1998	KEINE