

(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)

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000640

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

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. April 2007 (12.04.2007)

(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.

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

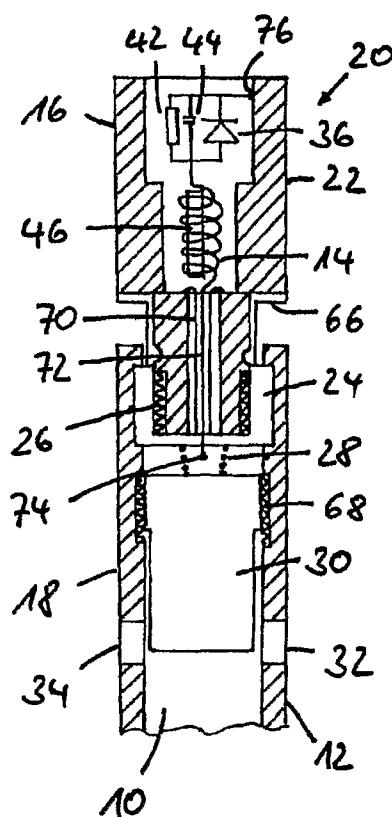
10 2006 018 191.3 19. April 2006 (19.04.2006) DE

(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 Kontaktoberfläche vorgesehen ist, dass die Kontaktoberfläche gegen den Nagelkörper elektrisch isoliert ist, dass zumindest ein Abschnitt der Kontaktoberfläche die erste Elektrode (16) bildet und dass zumindest ein Abschnitt des Nagelkörpers die zweite Elektrode (18) bildet.



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

resistente Bakterien (MRSA = Multiresistenter Staphylococcus Aureus). Es wurde gezeigt, dass diese die Oberfläche von Metallimplantaten in Form eines adhärenten 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 ein-
gangs genannten gattungsgemäßen Marknagelsysteme, wie bei-
spielsweise in DE 26 36 818 C2 beschrieben. Bei der E-
lektr-Osteotherapie werden in Osteosynthesemitteln elek-
trische Wechselpotentiale niedriger Frequenz dadurch indu-
ziert, dass ein betroffener Körperteil einem magnetischen
Wechselfeld ausgesetzt wird. Seit langem wurde in zahlrei-
chen klinischen Anwendungen der verfahrensgemäßen Technik
bei chronisch therapieresistenten, meist infizierten Kno-
chendefekten, Zysten und Tumormetastasen sowie in klinikna-
hen experimentellen Studien gezeigt, dass mit der Verwen-
dung der Osteosynthese-Implantate als Quellen extrem nie-
derfrequenter sinusförmiger elektrischer Wechselpotentiale
in der dem Stützmetall anliegenden Knochenregion ein opti-
maler Heilungseffekt erzielt wird.

Die Technik der Übertragung funktioniert nach dem Transfor-
matorprinzip: Die verletzte oder kranke Körperregion wird
von einem extrem niederfrequenten sinusförmig verlaufenden
Magnetfeld mit einer Frequenz von ca. 1 bis 100 Hz - vor-
zugsweise von 4 bis 20 Hz - und einer magnetischen Fluss-
dichte 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 einge-
bracht wird. Diese extrem niederfrequenten elektromagneti-

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 - Spulenanordnung, 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 Spulenanordnung in einer proximal mit

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

5 mindest ein Abschnitt der Kontaktobерfläche 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 Spulenanordnung kontaktiert, mit dem Nagelkörper verbunden. Dabei wird insbesondere ein elektrischer Kontakt zwischen dem anderen Pol der Spulenanordnung und dem Nagelkörper hergestellt, so dass die Kontaktobерfläche 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 Ausfrässungen, 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 aufwendig und damit kostengünstiger als die Bereitstellung von magnetisch induzierbaren Nagelköpfen 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
20 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.
25

30

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

häuser 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 verbunden ist. Zum Beispiel kann die Ringelektrode in das Endkappengehäuse eingelassen sein, so dass eine glatte äußere Oberfläche zur Verfügung gestellt wird.
15

Insbesondere dann, wenn das ganze Endkappengehäuse eine Elektrode bildet ist nützlicherweise vorgesehen, dass die Endkappenanordnung und der Nagelkörper unter Vermittlung einer Isolierschicht über Gewinde verbunden sind. Die Endkappe kann somit einschließlich ihres Gewindegewindes aus einem einheitlichen elektrisch leitenden Material gefertigt
20 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
25 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 iso-
lierendes Endkappengehäuse sowie einen das Endkappengehäuse
verschließenden elektrisch leitfähigen Deckel aufweist,
dessen Oberfläche die Kontaktobерfläche bildet. Als Materi-
al für das Endkappengehäuse kommt beispielsweise Polyethy-
10 len in Frage, etwa in der Art, wie es auch für Gelenkpfan-
nen 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 elekt-
rischen 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 Kon-
taktierung des zweiten Pols der Spulenanordnung mit dem Na-
gelkörper hergestellt. Der Einsatzkörper ist so in dem Na-
gelkörper befestigt, dass zumindest eine axiale Verschie-
bung 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 Schraube mit einer axial gerichteten Kraft

5 beaufschlagbar ist. Die Kompressionsschraube drückt gegen eine in den Langlöchern platzierte Schraube, wodurch die Knochenfragmente im Bereich des Frakturpaltes aufeinander gepresst werden. In axial stabilen Frakturen entsteht so eine biomechanisch günstige, aktive, zirkumferente Kompression der Frakturfragmente. Insbesondere wird hierdurch 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

10 wird die Kompressionsschraube zum Bestandteil des elektrischen Systems, indem sie nämlich den Kontakt zwischen dem zweiten Pol der Spulenanordnung und dem als Elektrode wirkenden Nagelkörper herstellt.

20 Die Erfindung ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Spulenanordnung mit der Kontaktobерfläche über einen elektrischen Gleichrichter in der Weise verbunden ist, dass die durch die Kontaktobерfläche gebildete erste Elektrode zumindest überwiegend positive Polarität hat. Auf diese Weise wird die magnetisch induzierte Osteogenese auf den Stabilisierungsbereich des Marknagel-

25 systems, 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 Umgebung 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-

30

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. Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass in Parallelschaltung zu dem Gleichrichter ein kapazitiver Widerstand vorgesehen ist. Durch diese Maßnahmen wird eine unvollständige Gleichrichtung 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 Spulenanordnung einen Spulenkern aufweist. Durch einen solchen Kern, beispielsweise 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 Magnetfeld verstärkt. Diese Verstärkung wirkt sich auch im Be-

reich der Endkappe aus, so dass bei gegebener Übertragungsgröße höhere elektrische Leistungen zur Verfügung stehen. 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 vorgesehen sein, dass in den Nagelkörper mindestens ein lang gestrecktes, ungesättigtes permanentmagnetisches Element eingeschoben ist. Die über die Oberflächenelektroden am Nagelkörper und an der Endkappe erzeugten elektrischen Felder 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 Geweberegionen erzeugt, wobei dieses mit zunehmender radiäler Entfernung vom permanentmagnetischen Element abnimmt.

15 Aufgrund der Anwesenheit dieses Gradientenmagnetfeldes können aufgrund der Bewegung des Gewebes elektrische Felder im Gewebe induziert werden, und zwar mit deutlich größerem Abstand vom Implantat als dies auf der Grundlage der Oberflächenelektroden möglich ist. Folglich kann auch in größerer Entfernung vom Implantat der Heilungsprozess gefördert werden. Das permanentmagnetische Element ist magnetisch ungesättigt, so dass dessen Magnetisierung dem von außen angewandten Wechselfeld teilweise folgen kann. Hierdurch wird 20 sichergestellt, dass keine unerwünschte vollständige Konzentration 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 zu mindest teilweise mit einer die Oberfläche des Nagelkörpers vergrößernden und die Anlagerung von Bakterien vermeiden- 25 den, 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 30 Feldes auf das umgebende Gewebe.

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

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

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 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 Marknagelsystem zum Einsatz zu kommen.

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

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;

5

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;

15

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

20

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

25

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

30

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),

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.

20

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 Schraube 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 Schafschraube 32 abstützt. Zum Abschluss der Implantation wird eine Endkappen-
5 anordnung 20 auf den Nagelkörper 12 aufgesetzt, vorzugsweise über einen Gewindegereich 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 Spulenanordnung 14, und im aufgeschraubten Zustand der Endkappenanordnung 20 wirkt diese selbst als Elektrode, während der Nagelkörper 12 die Gegen-
elektrode bildet. Die Spulenanordnung 14 ist in einem freien Volumen des Endkappengehäuses 22 angeordnet. Die Spulenanordnung 14 umgibt einen Weicheisenkern, der zur Verstärkung des von außen zugeführten magnetischen Wechselfeldes vorgesehen ist. Ein Pol der Spulenanordnung 14 tritt über eine Parallelschaltung aus Diode 36, ohmschem Widerstand 42
15 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
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 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
20
25
30

Gleichrichtung ist die Diode entbehrlich, so dass der erste Pol der Spulenanordnung 14 das Endkappengehäuse 22 direkt kontaktieren kann. Der andere Pol der Spulenanordnung 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 Spulenanordnung verhindert.

5 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 Spulenanordnung verhindernde Isolierschicht 24 vorgesehen ist. Diese Isolierschicht 24 setzt sich vor-

10 teilhaft 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

15 diese Kompressionsschraube 30 dazu, eine die Langlöcher 32, 34 durchdringende Schraube 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 elekt-

20 rischen 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 Schraube

25 wird der elektrische Kontakt zwischen der Spulenanordnung 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 Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Marknagelsystems. Im Unterschied zu der Ausführungsform gemäß Figur 2 kommt hier eine Endkappengehäuse 22 aus elektrisch isolierendem Material, beispielsweise biologisch verträglichem Polyethylen, zum 10 Einsatz. Die Kontaktobерfläche 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 Endkappengehäuse 22 ist ein Ausgießen des Gehäuseinneren entbehrlich, wenngleich dennoch möglich, beispielsweise zur mechanischen Stabilisierung der elektrischen Komponenten und Verbindungen. Die im Zusammenhang mit Figur 2 beschriebenen 20 Isolierungen 24, 26, 70 des Endkappengehäuses 22 gegen den Nagelkörper sind bei elektrisch isolierendem Endkappengehäuse 22 gemäß Figur 3 entbehrlich.

Die Figuren 4 und 5 zeigen zwei Ausführungsformen einer in 25 Zusammenhang mit der Erfindung einsetzbaren Gleichrichterschaltung. Die Schaltung in Figur 4 entspricht im Wesentlichen der bereits anhand von Figur 2 beschriebenen Schaltung, wobei allerdings kein kapazitiver Widerstand vorliegt. Ebenso kann die Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes 62 je nach Anwendung entbehrlich sein. Während Figur 4 eine Einweggleichrichterschaltung zeigt, ist in Figur 5 eine Zweiweggleichrichtung dargestellt. Die Spulenanordnung 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 Widerstände 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 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 15 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 weichmagnetischem Material oder ein ausschließliches Vorsehen 20 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. 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 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 Oberflächenelektroden 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.

20

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 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. Weiterhin 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 werden, oder es können unter Beibehaltung einer gegebenen Qualität einfachere und kleinere Geräte zum Einsatz kommen, was insbesondere die Spulenanordnung und die das externe magnetische Wechselfeld erzeugenden Gerätschaften betrifft.

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

ANSPRÜCHE

- 5 1. 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), dadurch gekennzeichnet,
- 10
- 15 - dass die Spulenanordnung (18) in einer proximal mit dem Nagelkörper (12) lösbar verbundenen Endkappenanordnung (20) mit einer zumindest teilweise elektrisch leitfähigen äußeren Kontaktobерfläche vorgesehen ist,
- 20 - dass die Kontaktobерfläche gegen den Nagelkörper elektrisch isoliert ist,
- 25 - dass zumindest ein Abschnitt der Kontaktobерfläche die erste Elektrode (16) bildet und
- 30 - dass zumindest ein Abschnitt des Nagelkörpers die zweite Elektrode (18) bildet.
2. Marknagelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endkappenanordnung (20) ein elektrisch leitfähiges Endkappengehäuse (22) aufweist, dessen Oberfläche die Kontaktobерfläche bildet.
3. Marknagelsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Endkappenanordnung (20) und der Na-

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

4. Marknagelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
5 net, dass die Endkappenanordnung (20) ein elektrisch iso-
lierendes Endkappengehäuse (22) sowie einen das Endkappen-
gehäuse verschließenden elektrisch leitfähigen Deckel (90)
aufweist, dessen Oberfläche die Kontaktobерfläche bildet.

10 5. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprü-
che, 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 gekennzeich-
net, dass das Einsatzelement eine Kompressionsschraube (30)
20 ist, über die eine gegenüberliegende Langlöcher (32,
34) in dem Nagelkörper durchdringende Schraube mit
einer axial gerichteten Kraft beaufschlagbar ist.

7. Marknagelsystem nach einem der vorangehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung (14)
25 mit der Kontaktobерfläche über einen elektrischen Gleich-
richter (36, 38, 40) in der Weise verbunden ist, dass die
durch die Kontaktobерfläche gebildete erste Elektrode (16)
zumindest überwiegend positive Polarität hat.

30

8. Marknagelsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeich-
net, 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 Spulenanordnung (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 (12) und der Beschichtung eine poröse Zwischenschicht vorgesehen ist.

Fig. 1

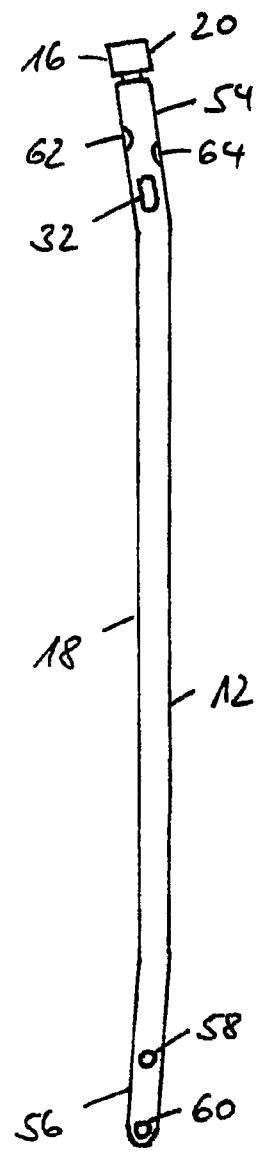


Fig. 2

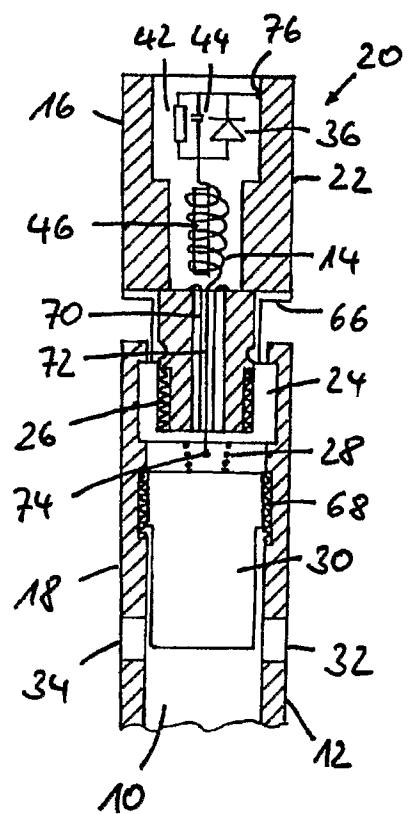


Fig.3

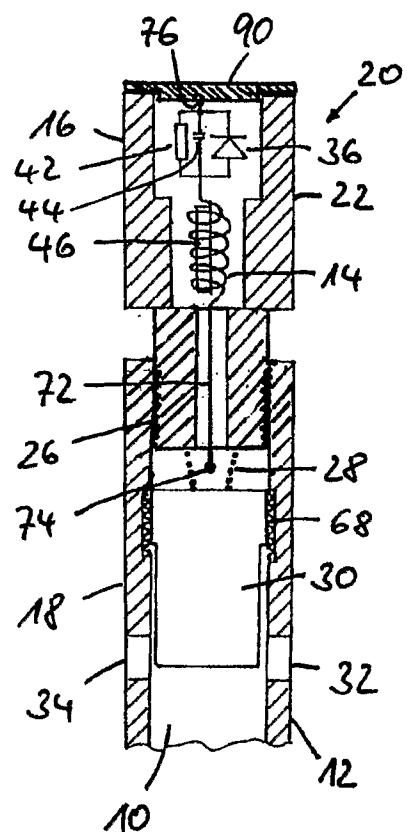


Fig. 4

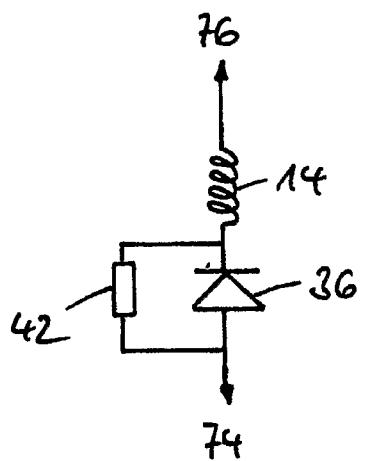


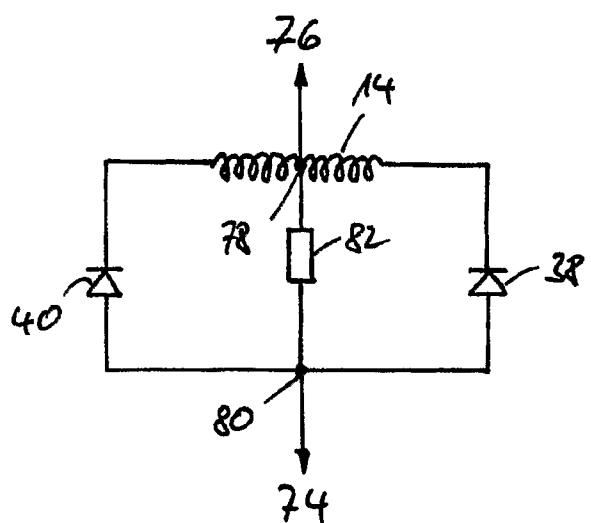
fig. 5

Fig. 6

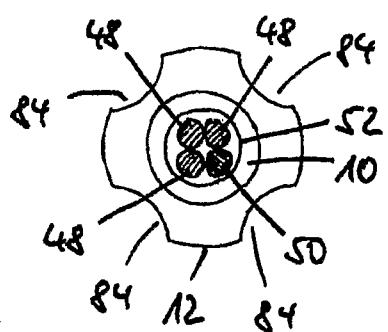
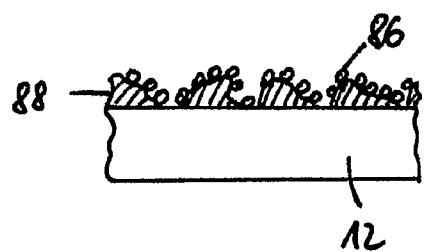


Fig. 7



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) abstract; claims 5,8,10; figures 1,2,4,12 page 3, lines 14-25 -----	19
A	EP 0 781 532 A2 (REHBERG CHRISTOPH [DE]) 2 July 1997 (1997-07-02) abstract; figures 1-4a -----	1
A	-----	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.
- *&* 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	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 -----	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 BR CN DE EP ES US	2477702 A 0115225 A 1473027 A 10055519 A1 1331903 A1 2223014 T3 2004023623 A1		21-05-2002 07-10-2003 04-02-2004 06-06-2002 06-08-2003 16-02-2005 05-02-2004
EP 0781532	A2	02-07-1997	AT DE US	214577 T 19544750 A1 6034295 A		15-04-2002 05-06-1997 07-03-2000
DE 19709514	C1	12-11-1998	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/000640

A. KLASIFIZIERUNG 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

Recherchierte 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) Zusammenfassung; Ansprüche 5,8,10; Abbildungen 1,2,4,12 Seite 3, Zeilen 14-25 -----	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 :	*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum 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
A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist	*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
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)	*&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	
P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsatum veröffentlicht worden ist	

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. Juli 2007	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 RECHERCHENBERICHTInternationales 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