



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 017 243.2**

(22) Anmeldetag: **09.04.2009**

(43) Offenlegungstag: **14.10.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 19/00** (2006.01)  
**A61B 17/90** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Medizin & Service GmbH, 09117 Chemnitz, DE**

(72) Erfinder:  
**Bitterlich, Norman, Dr., 09114 Chemnitz, DE;**  
**Wigand, Gunter, 09126 Chemnitz, DE;**  
**Biedermann, Jens, Dr.-Ing., 09131 Chemnitz, DE;**  
**Hinkel, Albrecht, 09573 Augustusburg, DE**

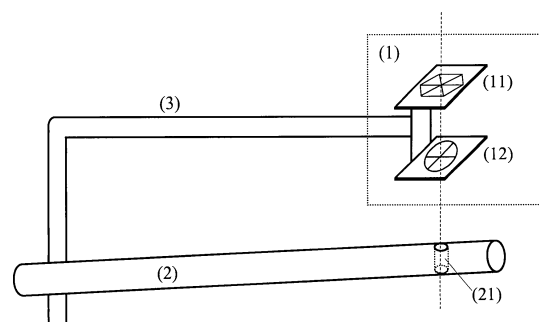
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals aufgrund von Verformungen bei Implantaten**

(57) Zusammenfassung: Zum Auffinden eines unsichtbaren Merkmals an Implantaten werden Navigationssysteme eingesetzt. Wenn beim Einbringen der Implantate die geometrische Form unverändert gegenüber dem Zustand vor dem Einbringen bleibt, kann mittels geeignet angebrachter Marker erfolgreich navigiert werden. Aufgrund möglicher Verformungen ist aber eine zusätzliche Lokalisierung des Merkmals notwendig. Praktisch kann dies durch Röntgenbilder gelöst werden. Alternative Verfahren sind apparativ aufwendig und nicht allgemein anwendbar. Die neue Vorrichtung ermöglicht eine Lokalisierung des Merkmals bei minimaler Strahlenbelastung.

Um mit nur einem Röntgenbild die Abweichung des Merkmals (21) von seiner vorherbestimmten Lage bei unverformtem Implantat (2) ermitteln zu können, ist eine Zielvorrichtung (1) einzusetzen, in der zwei geometrische Formen in zwei parallelen Ebenen (11) und (12) in mechanisch stabiler Weise (3) orthogonal zur Zielrichtung des unverformten Implantats angeordnet sind. Zielrichtung ist die räumliche Richtung, die für das Treffen des Merkmals gemäß des Zwecks notwendig ist. Durch die fixierte Lage der Zielvorrichtung kann im Röntgenbild die erwartete Lage des Merkmals ermittelt werden. Die Erfassung der Abweichung der tatsächlichen von der berechneten Lage auf dem Röntgenbild ermöglicht die Bestimmung einer räumlichen Korrektur der Zielrichtung, um die Verformung der Navigation auszugleichen.

Die Zielvorrichtung ermöglicht das sichere Auffinden von Verriegelungslöchern ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals aufgrund von Verformungen bei Implantaten. Ein derartiges Verfahren kann beispielsweise in der so genannten Marknagelung Anwendung finden. Diese Marknagelung wird zur Versorgung von Brüchen an Röhrenknochen eingesetzt, um die Fixierung der zueinander gehörigen Knochenfragmente für die Dauer der Heilung zu gewährleisten. Dieses Verfahren ist dabei als ein notwendiger Bestandteil von Navigationssystemen einzusetzen, mit denen Verformungen im Ergebnis des Einbringens eines Implantats durch die Prinzipien der Navigation nicht erfasst werden können.

**[0002]** Es sind vielfältige technische Lösungen bekannt (beispielsweise NDI Aurora, Polcris Spektra, Optotrec Certus), mit denen die Lokalisierung von unsichtbaren Merkmalen durch optische oder elektromagnetische Navigationssysteme unterstützt werden kann. Beispielsweise sind die Löcher im Marknagel quer zur Marknagelachse zur Aufnahme von Verriegelungsschrauben, die die Knochenfragmente fest mit dem Implantat verbinden, nach dem Einschlagen des Marknagels solche unsichtbaren Merkmale. Kann für diese Aufgabenstellung vorausgesetzt werden, dass das Implantat in seiner geometrischen Form nach dem Einbringen unveränderlich gegenüber der Form vor dem Einbringen ist, gilt die Aufgabe unter Verwendung von Navigationssystemen weitgehend als gelöst. In diesem Fall können sichtbar vorhandene Merkmale des Implantates oder zusätzlich am Implantat sichtbar angebrachte Merkmale (z. B. Marker am proximalen Marknagelende) genutzt werden, um unter Kenntnis der geometrischen Form des Implantates aus deren räumlicher Lage die räumliche Lage des unsichtbaren Merkmals rechnerisch zu ermitteln. Diese bezüglich der sichtbaren Merkmale relativen Raumkoordinaten – die ohne Veränderungen der Form als feste Kenngrößen des Implantates aufgefasst werden können – lassen sich in Navigationssysteme oder anderen Führungshilfen zur Lokalisation des unsichtbaren Merkmals zielführend verwenden.

**[0003]** Ein Hauptproblem besteht bei der Lokalisation unsichtbarer Merkmale, beispielsweise der Verriegelungslöcher, darin, dass die Unveränderlichkeit der geometrischen Form von Implantaten beim Einbringen nicht gewährleistet ist. Aufgrund der äußeren Kräfte beim Einbringen und aufgrund der Zwangslage des Implantats im Knochen kann es zu Verformungen kommen, die beispielsweise bei Marknägeln aufgrund der Länge als Verbiegungen quer zur Längsachse des Marknagels bekannt sind. Diese Verformungen lassen sich im Allgemeinen nicht an sichtbar vorhandenen Merkmale des Implantats oder zusätz-

lich am proximalen Ende sichtbar angebrachten Marker erkennen. Damit kann die tatsächliche Lage des unsichtbaren Merkmals bei einem verformten Implantat von seiner rechnerisch ermittelbaren Lage im Falle eines unverformten Implantats abweichen. Es erweist sich deshalb in der praktischen Anwendung als erforderlich, diese Abweichung zu erkennen und maßlich zu erfassen und in der Zielführung durch Navigationssysteme oder andere Führungshilfen zu berücksichtigen.

**[0004]** In der praktischen Anwendung kann zur Abschätzung der Abweichung die Auswertung von Röntgenbildern genutzt werden. Unter OP-Bedingungen können während des OP-Prozesses mit einem C-Bogen Röntgenaufnahmen von dem Bereich bereitgestellt werden, in dem das zu lokalisierende Merkmal, beispielsweise das Verriegelungsloch, vermutet wird. Durch wiederholte Aufnahmen mit veränderten Kamerapositionen kann die Position des C-Bogens optimiert werden, so dass das gesuchte Merkmal in der Bildmitte erscheint und der Zentralstrahl der Röntgenaufnahme durch dieses Merkmal verläuft. Damit zeigt der Zentralstrahl der Röntgenaufnahme in die Richtung, die beispielsweise ein Bohrer geführt werden muss, um das Verriegelungsloch durch die Knochenfragmente hindurch zu treffen. Ein metallisches oder anderes röntgenundurchlässiges Implantat ist in einem so positionierten Röntgenbild stets scharf gezeichnet erkennbar. Die Positionsgenauigkeit wird in der praktischen Anwendung im Allgemeinen subjektiv bewertet. Für die Marknagelung genügt dem erfahrenen Operateur aufgrund der größeren Abmessung des Innendurchmessers des Verriegelungsloches gegenüber dem Bohrerdurchmesser diese Genauigkeit, um den Bohrer unter Ausnutzung des maßlichen Spiels durch den Knochen in das Loch einführen zu können. Bringt man in diesen Bildausschnitt für die Röntgenaufnahme den metallischen Bohrer ein, stellen wiederholte Röntgenaufnahmen eine Führungshilfe dar, da aus der sichtbaren Lage der Bohrerspitze die Treffsicherheit des Bohrvorgangs subjektiv abgeschätzt werden kann.

**[0005]** Ein maßgeblicher Nachteil dieser Vorgehensweise ist die damit verbundene Strahlenbelastung. Die nur zweidimensionale Aufnahme und die möglicherweise vorkommenden Verzerrungen in der Bilddarstellung erschweren diese Abschätzung der Treffsicherheit und erfordern im Allgemeinen eine erhöhte Röntgenbildfolge und damit eine erhöhte Strahlenbelastung. Die Belastung durch Röntgenstrahlung betrifft nicht nur den zu operierenden Patienten. In besonderem Maße ist das operierende Personal betroffen. Soll die Bohrerspitze im Röntgenbild in der beabsichtigten Lage des Bohrvorgangs angezeigt werden, muss diese manuell in den Strahlengang des C-Bogens geführt werden. Dies führt zu erhöhten Anforderungen für die Anwendung von

Schutzmaßnahmen, die letztlich die Beweglichkeit einschränken können, so dass die Zielführung verzögert und die Genauigkeit der Zielführung behindert werden kann.

**[0006]** Es erweist sich deshalb als notwendig, zusätzliche Hilfsmittel für die Lokalisation solcher unsichtbaren Merkmale anzuwenden, die die Strahlenbelastung reduzieren oder ganz vermeiden und gleichzeitig die Treffsicherheit erhöhen. Dafür wurden bereits vielfältige Verfahren mit unterschiedlichen Wirkungsprinzipien beschrieben. So wird z. B. in US 5,417,688 ein optisches Zielsystem vorgeschlagen, das am distalen Ende eine Lichtquelle platziert, die von außen vom Operateur zu erkennen ist. Es sind magnetische Zielsysteme bekannt (z. B. US 5,411,503), bei denen zusätzlich eingebrachte Magnete oder die Erzeugung magnetischer Felder dem Operateur mit Hilfe eines magnetischen Sensorsystems die Lokalisation ermöglicht. Auch sind Deformations-Deduktionseinrichtungen bekannt (z. B. in EP 1,593,350), die die Verformung direkt messen und diese Messergebnisse für die Korrektur der Zielführung zugeführt werden. Alle diese technischen Lösungen zur unmittelbaren Lokalisation des unsichtbaren Merkmals bei Verformung des Implantats konnten jedoch das Problem nicht ausreichend lösen, weil sie nicht allgemeingültig einsetzbar sind. Sie sind zur Erreichung der erforderlichen Genauigkeit mit hohem apparativen Aufwand verbunden oder für den Einsatz unter OP-Bedingungen nicht geeignet. Vor allem sind sie jeweils nur für Implantate mit geeigneter Form (z. B. nur für Implantate mit Hohlräumen zur Aufnahme der Zielmarkierungen) und darüber hinaus für bestimmte OP-Abläufe (z. B. distale Verriegelung vor proximaler Verriegelung für das Entfernen der Zielmarkierungen, um ein Verbleiben der Zielmarkierungen im Marknagelinneren während des Heilungsprozesses zu vermeiden).

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zu beschreiben, dass unter OP-Bedingungen die Abweichung der räumlichen Lage des unsichtbaren Merkmals von der rechnerisch ermittelten Lage im Falle eines Implantats mit unveränderter geometrischer Form maßlich zu erfassen. Mit der nachfolgend beschriebenen Vorrichtung und zugehörigem Verfahren wird ein Hilfsmittel angegeben, mit dem im Allgemeinen bereits eine zweidimensionale Röntgenaufnahme genügt, um die gesuchte Abweichung zu erfassen. Die erfindungsgemäße Zieleinrichtung, im Weiteren Visier genannt, wird über eine mechanisch stabile Vorrichtung mit dem Implantat am proximalen Ende so verbunden, dass die geometrische Form der Einheit des unverformten Implantats und des angebrachten Visiers maßlich reproduzierbar erhalten bleibt. Die technische Ausgestaltung des Visiers ist durch erfindungsgemäße spezielle Merkmale gekennzeichnet, die im Folgenden näher beschrieben werden. Dabei wird unter Zielrichtung die

räumliche Richtung des Bobrens verstanden, mit der der Bohrer im Falle des unverformten Implantats exakt durch das Merkmal geführt werden kann. Die Zielrichtung stimmt folglich, z. B. im Falle eines Verriegelungslochs, mit der Längsachsenrichtung des unsichtbaren Merkmals in räumlicher Lage überein.

**[0008]** Das Visier besteht aus zwei zueinander parallel liegenden Teilen, die orthogonal zur Zielrichtung ausgerichtet sind. Die Anordnung ist bezüglich des unverformten Implantats fest fixiert und gegenüber zweckbestimmten Handlungen robust. Die Teile des Visiers werden im weiteren Kimme (vom Implantat abgewandt) und Korn genannt (zum Implantat hingewandt). Die Abstände zwischen Kimme und Korn und zwischen Korn und Merkmal sind nach der Fixierung der Anordnung als unveränderliche Maßzahlen bekannt. Bekannte Abweichungen von der genannten räumlichen Anordnungen sind durch mathematische Verfahren bei der Lokalisation ausgleichbar.

**[0009]** Kimme und Korn sind als röntgenundurchlässige ebene geometrische Formen mit maßlich bekannten Abmessungen ausgestaltet, so dass im Röntgenbild ein ausgezeichneter Punkt jeder dieser Formen, der z. B. den Schnittpunkt mit der Zielführung markiert, rekonstruiert werden kann, auch wenn das Abbild stark fragmentiert erscheint. Beide Formen müssen sich geometrisch um so viel unterscheiden, dass im Abbild eine eindeutige Zuordnung der Bilder zu Kimme und Korn gewährleistet ist. Solche Formen sind beispielsweise regelmäßige Vielecke mit eingezeichneten Hauptdiagonalen oder Kreise mit zwei senkrecht zueinander stehenden eingezeichneten Diagonalen.

**[0010]** Weiterhin ist es für die Ausrichtung des Röntgengerätes vorteilhaft, wenn eine diesem zugeordnete Laserstrahlmarkierung, die in der Achse des Röntgenzentralstrahles verläuft, die ausgezeichneten Punkte der Formen trifft, um die Ausrichtung des Visiers mit dem Röntgenzentralstrahl in Übereinstimmung zu bringen. Damit kann eine Vorausrichtung des Röntgengerätes ohne Röntgenbelastung vorgenommen werden und auf einem nachfolgend aufgenommenen Röntgenbild werden sich das zu lokalisierende Merkmal und die Visierteile (Kimme und Korn) verzerrungsarm abbilden. Die derart praktisch erreichbare Genauigkeit der Übereinstimmung erweist sich als ausreichend für die Lokalisation bei subjektiv als bildmässig zu erkennender Lage der auszuwertenden Bildausschnitte.

**[0011]** Aus dem zweidimensionalen Abbild von Kimme und Korn kann die Abweichung des Röntgenzentralstrahls von der Zielrichtung und die Entfernung der Bildebene vom Visier quantifiziert werden. Dazu genügt es, zum einen den Abstand der ausgezeichneten Punkte von Kimme und Korn zu ermitteln. Da diese im Allgemeinen durch Überlagerungen mit dem

Implantat im Abbild nicht sichtbar sind, werden die Abbilder der ausgezeichneten Punkte aus den erkennbaren Fragmenten der geometrischen Formen ermittelt. Zum anderen sind die Abstände von Kimme und Korn aus der Verzerrung deren Abmessungen ermittelbar. Daraus kann die erwartete Lage des zu lokalisierenden Merkmales im Abbild errechnet werden. Aus der im Abbild maßlich erfassbaren Abweichung des zu lokalisierenden Merkmals von dessen erwarteten Lage wird die reale Verformung in der Ebene orthogonal zur Zielrichtung ermittelt.

**[0012]** Die ermittelte Abweichung wird in die Zielführung übertragen, indem die Zielrichtung in der zu ihr orthogonalen Ebene um die aus der Abweichung im Abbild ermittelten realen Abweichung verschoben wird.

**[0013]** Die Erfindung sei im folgenden Ausführungsbeispiel detailliert erläutert. Wie in Zeichnung 1 dargestellt, besteht für die Anwendung auf ein Verriegelungsloch (21) als das zu lokalisierende unsichtbare Merkmal des Implantats (2) diese Vorrichtung aus einer Zielvorrichtung (1), genannt Visier, bestehend aus Kimme (11, vom Implantat (2) abgewandt) und Korn (12, zum Implantat (2) hingewandt) und einer mechanisch starren Verbindung (3) der Zielvorrichtung am Implantat, die die zweckbestimmte Positionierung des Visiers (1) gegenüber dem Verriegelungsloch (21) stabil gewährleistet.

**[0014]** Kimme und Korn sind als röntgenundurchlässige, beispielsweise metallische, geometrische Strukturen gestaltet, die im Röntgenbild sichtbar werden. Die konkrete Ausführung der Strukturlinien hinsichtlich Materialbreite und -dicke ist so zu wählen, dass die Strukturen im Röntgenbild scharf gezeichnet erscheinen, zum Beispiel als Kupferbahnen von 0,5 mm Breite und 0,1 mm Dicke. Der Abstand von Korn zum Merkmal des Implantats muss so bemessen sein, dass Korn nach dem Einbringen des Implantats nicht durch Knochen und umgebendes Gewebe aus seiner vorbestimmten Lage verbogen wird.

**[0015]** Kimme (Zeichnung 2a) ist als eine ebene geometrische Figur gestaltet, für die im Röntgenbild auch bei Verdeckung eines Teils des Abbildes ein vordefinierter Punkt, im Weiteren Mittelpunkt genannt, eindeutig ermittelt werden kann. Hierfür eignet sich der Umfang eines regelmäßigen Sechsecks mit den 3 eingezeichneten Hauptdiagonalen, deren Schnittpunkt den Mittelpunkt markiert. Sind nicht mehr als 2 Eckpunkte im Röntgenbild durch das Implantat verdeckt, lässt sich die Lage des Mittelpunktes im Abbild eindeutig ermitteln. Unter Berücksichtigung der maßlichen Veränderung des Abbildes aufgrund der Röntgenperspektive ist es bei Anwendung für Marknägel beispielsweise ausreichend, wenn die Länge der Hauptdiagonale mindestens das Dreifache des Nageldurchmessers beträgt.

**[0016]** Korn (Zeichnung 2b) ist als eine Kreislinie mit zwei senkrecht aufeinanderstehenden Durchmessern gestaltet, wobei die Länge des Durchmessers des Kreises mit der Länge der Hauptdiagonale des Sechsecks übereinstimmt oder dieser übertrifft. Kimme und Korn sind so anzuordnen, dass die Ebenen beider geometrischen Figuren parallel sind und die gedachte Verbindung beider Mittelpunkte senkrecht auf diesen Ebenen steht. Der Abstand beider Ebenen sollte nicht kleiner als der Abstand vom Korn (12) zum Merkmal (21) des Implantats sein.

**[0017]** Die gedachte Linie durch die Mittelpunkte der geometrischen Figuren von Kimme und Korn, im Weiteren Zielrichtung genannt, beschreibt die räumliche Richtung zur Hinführung auf das unsichtbare Merkmal (21). Für die praktische Anwendung der Verriegelung des Marknagels simuliert die Zielrichtung die notwendige Bohrrichtung. Um das Verriegelungsloch (21) im unverformten Implantat exakt zu treffen, ist es notwendig, dass die Zielrichtung vor Einbringen des Implantates mit der Achse des Zielloches des unverbogenen Implantats übereinstimmt. Mit der mechanisch starren Verbindung (3) von Kimme und Korn mit dem Implantat wird diese Übereinstimmung im unverformten Zustand gewährleistet. Zudem sind alle Abmessungen zu den geometrischen Figuren und deren Lage zueinander und in Bezug zum Implantat bekannt.

**[0018]** Im Röntgenbild sind die geometrischen Figuren von Kimme und Korn sowie das Implantat mit dem Loch zu sehen (Zeichnung 3). Es entspricht der praktischen Erfahrung, die Röntgenkamera des C-Bogens subjektiv so positionieren zu können, dass das gesuchte Verriegelungsloch in der Bildmitte der Röntgenaufnahme erscheint. Die Richtung des Zentralstrahles der Röntgenkamera sollte dabei durch dieses Loch verlaufen. Dies ist annähernd realisiert, wenn sowohl das Verriegelungsloch als auch die Mittelpunkte von Kimme und Korn in der Bildmitte sichtbar sind. Stimmt bei einem Röntgenbild die räumliche Richtung des Zentralstrahls mit der Achse des Zielloches des unverbogenen Implantats und mit der Zielrichtung überein, so erscheint in diesem Abbild das Verriegelungsloch kreisrund und die Abbilder der Lochmitte und der Mittelpunkte der geometrischen Figuren von Kimme und Korn liegen übereinander. Ist am C-Bogen ein Laserpointer oder eine andere optische Kontrollmöglichkeit zur Überprüfung der Ausrichtung des Zentralstrahles verfügbar, so wird Kimme und Korn zur Unterstützung dieser Ausrichtung verwendet. Der Strahl des Laserpointers, der die Richtung des Zentralstrahls anzeigt, sollte vorteilhafterweise durch die Mittelpunkte der geometrischen Figuren von Kimme und Korn verlaufen. Eine Bohrung im Mittelpunkt beider geometrischen Formen unterstützt diese Ausrichtung durch die damit gegebene visuelle Kontrollmöglichkeit. Auf eine maßlich exakte Einhaltung von Bildpositionen von Loch, Kim-

me oder Korn ist zu verzichten, weil diese unter OP-Bedingungen nicht oder nur unter erhöhtem Zeitaufwand realisierbar wäre und damit den OP-Prozess beeinträchtigen würde. Unter Verwendung bekannter technischer Hilfsmittel kann die Positionierung des C-Bogens ohne Strahlenbelastung erfolgen.

**[0019]** So ausgerichtet erfolgt eine Röntgenaufnahme, die im Weiteren für die Ermittlung der gesuchten Abweichung verwendet wird.

**[0020]** Aus der Größe des Abbildes der geometrischen Figuren von Kimme und Korn wird der Abstand von Korn zur Bildebene des C-Bogens ermittelt. Aus dieser Kenntnis können alle anderen Maße und Berücksichtigung der festen geometrischen Abmessungen aus dem Abbild in reale räumliche Maßangaben umgerechnet werden.

**[0021]** Liegen in der Röntgenaufnahme die Abbilder der Mittelpunkte der geometrischen Figuren von Kimme und Korn nicht übereinander, so wird damit eine Abweichung der Richtung des Zentralstrahles von der Zielrichtung sichtbar. Ist das Implantat nach dem Einbringen unverformt gegenüber der Positionierung des Visiers vor dem Einbringen, liegen die Mittelpunkte der geometrischen Formen und der Mittelpunkt des Verriegelungsloches auf einer Linie, die dem Abbild der Zielrichtung entspricht, wie in Zeichnung 3 gezeigt. Aufgrund der bekannten Abmaße von Kimme und Korn und des Abstandes der Abbilder beider Mittelpunkte kann diese räumliche Winkelabweichung quantitativ bestimmt werden.

**[0022]** Aus der Kenntnis der Abweichung der Richtung des Zentralstrahles von der Zielrichtung kann die zu erwartende Lage des Abbildes des Verriegelungsloches im Röntgenbild in Bezug zu den Abbildern der Mittelpunkte der geometrischen Figuren berechnet werden. Abweichungen der tatsächlichen Lage des Abbildes der Lochmitte von dieser berechneten Lage resultieren aus Verformungen des Implantats. Aus der Kenntnis dieses Abstandes und der bekannten Abmaße der Vorrichtung kann die räumliche Verschiebung quantitativ ermittelt werden, um die die Zielrichtung verändert werden muss, um mit der Längsachse des Verriegelungsloches im deformierten Implantat überein zu stimmen. Dabei sind nur die Veränderungen der geometrischen Form in der zu Kimme bzw. Korn parallelen Ebene von Bedeutung. Verformungen in Richtung des Zentralstrahles, also senkrecht zur Bildebene, können durch die einmalige zweidimensionale Röntgenaufnahme nicht erfasst werden, gelten aber als vernachlässigbar im Rahmen des maßlichen Spiels von Bohrdurchmesser und Innendurchmesser des Verriegelungsloches.

**[0023]** Zur Ermittlung der genannten Abmaße auf dem Röntgenbild können alle geeigneten Messver-

fahren mit der zugehörigen Technik angewandt werden. Automatisierte Verfahren zur Bildauswertung sind prinzipiell ebenso geeignet wie menügesteuerte Verfahren zur Erfassung von Abständen im Abbild der Röntgenaufnahme. Im Weiteren wird ein Verfahren mittels einer Schablone vorgeschlagen, auf der konzentrische Kreise aufgezeichnet sind (Zeichnung 4). Der Abstand (beispielsweise 1 mm) und die Anzahl der Kreise (beispielsweise 50) sind an die Bildgröße anzupassen. Zur besseren Übersichtlichkeit können die Kreise nummeriert und mit unterschiedlichen Strichformen oder -farben ausgestaltet sein. Mit der Auswahl eines Kreises wird der Abstand dieser Kreislinie zum Mittelpunkt der konzentrischen Kreise eindeutig festgelegt.

**[0024]** Es ist leicht möglich, diese Schablone so auf eine Röntgenaufnahme zu legen (z. B. auf den Bildschirm des C-Bogens, nach Übertragung der Bilddaten auf den Bildschirm eines anderen Ausgabegerätes oder auf einen Ausdruck des Bildes), dass das Abbild des Kreises von Korn konzentrisch zu den Schablonenkreisen liegt. Derjenige Kreis der Schablone, der dem Abbild des Kreises von Korn am nächsten kommt, wird als Referenzkreis gewertet und ermöglicht die Bestimmung des Durchmessers des Abbildes des Kreises von Korn. Der daraus ermittelbare Skalierungsfaktor zwischen Original und Abbild wird für die weitere Berechnung verwendet.

**[0025]** Weiterhin ist es möglich, den Abstand der Lage des Mittelpunktes der geometrischen Figur der Kimme zum Kreismittelpunkt zu bestimmen. Ist einer der beiden Mittelpunkte oder sind beide nicht sichtbar, so kann dieser Abstand aus der Lage anderer markanter Punkte von Kimme, z. B. die Eckpunkte des Sechsecks, in Bezug zum Kreis von Korn ermittelt werden. Es genügt, im Abbild von mindestens 3 der 6 Eckpunkte den Abstand zum Mittelpunkt des Kreises von Korn zu ermitteln, was für jeden Eckpunkt durch Angabe derjenigen Kreislinie der Schablone erfolgt, die diesem Eckpunkt am nächsten liegt (Zeichnung 5). Aus der maßlichen Kenntnis der geometrischen Formen kann aus diesen Abständen drehungsinvariant der Abstand beider Mittelpunkte errechnet werden. Sind die Abstände von mehr als 3 Eckpunkten bekannt, erhöhen redundante Informationen die Genauigkeit.

**[0026]** Mit Hilfe der Differenz der Mittelpunkte der geometrischen Figuren von Kimme und Korn im Abbild wird unter Kenntnis der realen Abmessungen die erwartete Lage Merkmales, insbesondere der Mittelpunkt des Verriegelungsloches im Abbild errechnet. Dies berücksichtigt alle Abweichungen, die durch die Bildaufnahme verfälschend erzeugt werden. Vergleicht man nun die Lage des im Abbild tatsächlich erkennbaren Merkmales mit der erwarteten Lage des Merkmales, entspricht die beobachtete Differenz der Verschiebung des Merkmales, die durch eine Verän-

derung der geometrischen Form hervorgerufen wird. Über die maßliche Differenz im Abbild wird aus der Kenntnis der Abmessungen von Kimme und Korn die reale Abweichung ermittelt. Dieser Wert wird für die Navigation übernommen. Dabei kann die Korrektur in einem Navigationssystem durch manuelle oder elektronische Übertragung erfolgen. Die Zielrichtung kann darüber hinaus durch mechanische Nachführung des Visiers korrigiert werden, so dass das Visier selbst als Navigationshilfe fungieren kann.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 5417688 [\[0006\]](#)
- US 5411503 [\[0006\]](#)
- EP 1593350 [\[0006\]](#)

## Patentansprüche

1. Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals aufgrund von Materialverformung bei Implantaten,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass es eine Zieleinrichtung umfasst, bestehend aus mindestens zwei Teilen mit unterschiedlicher Formausprägung, die in einem definierten Abstand flächenhaft miteinander, vorzugsweise parallel, verbunden sind, und stabil in einem zweiten definierten Abstand mit dem Träger des unsichtbaren Merkmales verbunden und auf das Merkmal im unverformten Implantat ausgerichtet ist,

dass diese Zieleinrichtung nach dem Einbringen des Implantates in der vordefinierten Lage an das Implantat angebracht wird und ein Röntgenbild mittels C-Bogen die Lage der Zieleinrichtung und das zu lokalisierende Merkmal, vorzugsweise bildmässig, erfasst,

dass aus dem Abbild der Röntgenaufnahme aus der Lage der geometrischen Formen der Zieleinrichtung die einer Verformung resultierende Abweichung der erwarteten Lage des Merkmals von der realen Lage ermittelt wird und

dass die ermittelte maßliche Abweichung zur Korrektur der Zielführung genutzt wird.

2. Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Kimme als regelmäßiges Sechseck und Korn als Kreis aus metallischen Material auf röntgendurchlässigen Trägern ausgestaltet sind.

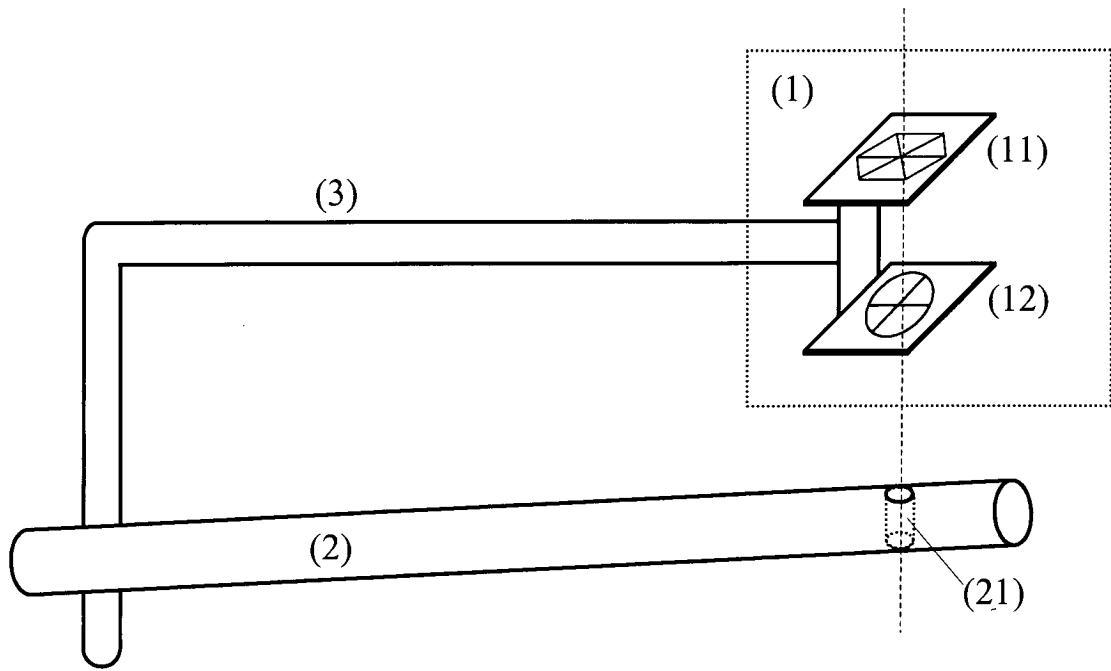
3. Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertung des Abbildes der Röntgenaufnahme mittels Methoden der digitalen Bildauswertung erfolgen.

4. Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Abweichungen der vorherbestimmten Lage eines unsichtbaren Merkmals nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zieleinrichtung entsprechend der ermittelten Korrektur nachgeführt werden kann und damit als Navigationshilfe dient.

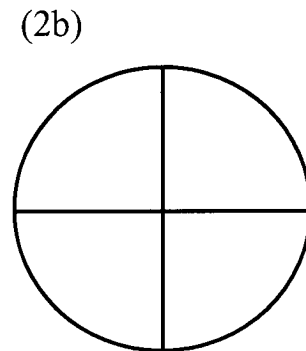
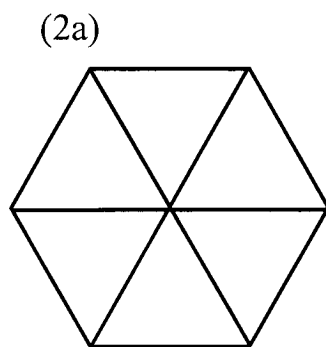
Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



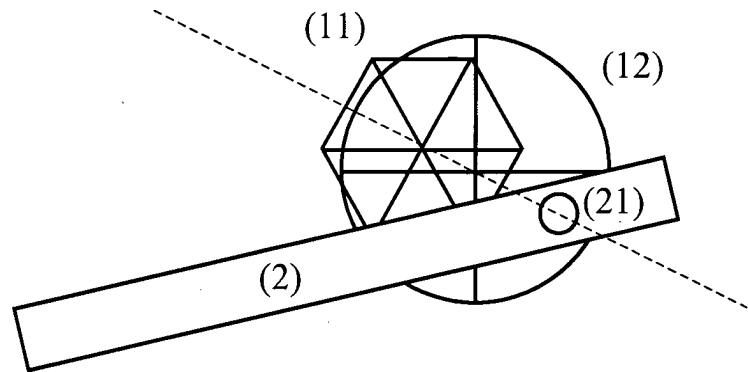
Anhängende Zeichnungen



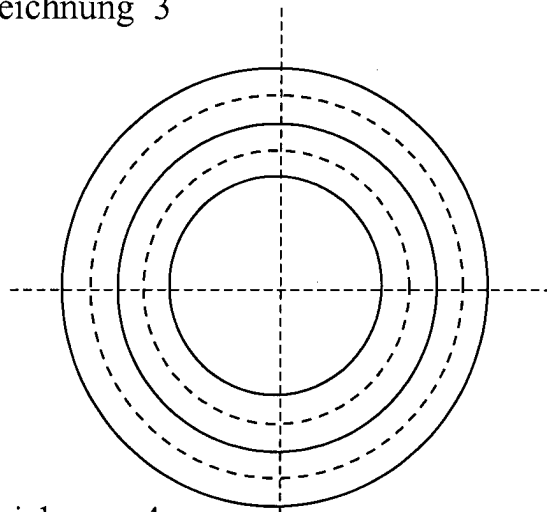
Zeichnung 1



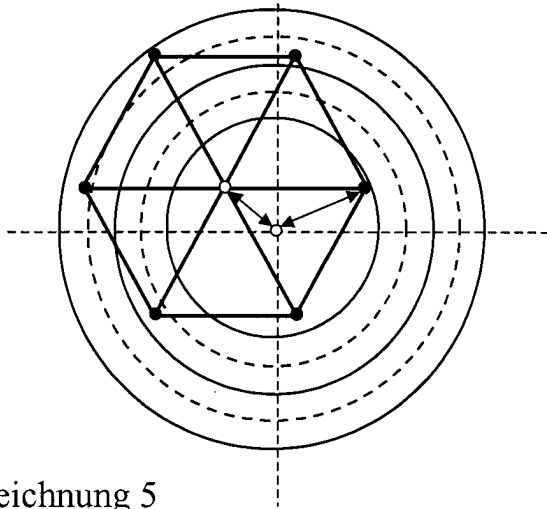
Zeichnung 2



Zeichnung 3



Zeichnung 4



Zeichnung 5