



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 20 250 T2 2004.10.14**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 979 057 B1**

(51) Int Cl.7: **A61C 8/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 20 250.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR98/00412**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 913 814.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/040030**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.03.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **17.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.02.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **03.12.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.10.2004**

(30) Unionspriorität:  
**9702950 07.03.1997 FR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Universität Joseph Fourier, Grenoble, FR**

(72) Erfinder:  
**CHAMPLEBOUX, Guillaume, F-38500 Voiron, FR**

(74) Vertreter:  
**Czybulka, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 81667  
München**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM ZUM VORBEREITEN DES EINSETZENS EINES ZAHNIMPLANTATS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das Einsetzen von Zahnimplantaten, mit denen eine Prothese sicher gehalten werden soll.

**[0002]** Wenn das Gebiss eines Patienten stark geschädigt ist, kann beabsichtigt werden, die fehlenden Zähne durch Zahnprothesen zu ersetzen. Bei einem bevorzugten Einsetzverfahren sind diese Prothesen in dem Oberkiefer oder in dem Unterkiefer verankert unter Zwischenschaltung eines oder mehrerer Implantate, die in den Kieferbogen eingeschraubt sind.

**[0003]** Eine Schwierigkeit liegt in der Tatsache, dass dann, wenn das Gebiss eines Patienten stark geschädigt ist, es ebenso häufig vorkommt, dass das Knochensystem seines Kiefers ebenfalls in einem schlechten Zustand ist. Die Plätze, an denen es möglich ist, die Implantate einzusetzen, sind daher ebenfalls stark beschränkt und müssen mit großer Präzision bestimmt werden.

**[0004]** Ein klassisches Verfahren zur Bestimmung der Position der Implantate weist die folgenden Schritte auf:

## Schritt I

**[0005]** Abnehmen eines Abdruckes des Kiefers, in den implantiert werden soll, mit Hilfe eines Abdruckmaterials, wie z. B. Silicon, ein Alginat, ein Hydrokolloid etc. und Herstellen eines Gipsmodelles ausgehend von diesem Abdruck.

## Schritt II

**[0006]** Realisieren einer Schiene aus transparentem Harz, die eine opake Radiomarkie trägt, die im Mund den Ort angibt, wo es gewünscht ist, das Implantat in dem Knochen einzusetzen. Diese Schiene wird ausgehend von dem Gipsmodell erarbeitet. Sie ist eine negative Reproduktion dieses Modelles, auf dem sie ohne Spiel aufliegen muss. Alle Flächen der Schiene, die nicht in Kontakt mit dem Plastikmodell treten, haben eine beliebige Form. Ausgehend von einer Analyse der Form der Zähne und des Kiefersystems des Patienten bestimmt der Arzt generell a priori die Orte, wo seiner Meinung nach es wünschenswert ist, die Prothese zu verankern und die Implantate zu platzieren.

## Schritt III

**[0007]** Verwirklichen der Orte der Implantate durch Zylinder oder Kegel aus einem Material, das mit Röntgenstrahlen sichtbar ist, z. B. aus Gutta-Percha, die in die Schiene eingesetzt sind in Ausrichtungen, die mit Bohrachsen korrespondieren. Es handelt sich somit darum, zu bestimmen, ob diese abgeschätzten

Bohrachsen der gewünschten Bohrungen, die aus prothetischer Sicht ideal sind, kompatibel mit der Knochenstruktur des Kiefers sind.

## Schritt IV

**[0008]** Der Patient setzt in den Mund die Schiene ein und wird einer Überprüfung mit Hilfe eines Röntgenscanners unterzogen. Die Scannerquerschnitte werden üblicherweise in einer achsialen Ebene erstellt (d. h. parallel zu den unteren Grenzen des horizontalen Zweiges des Kiefers). Von dem Radiologen wird gefordert, Kieferschnitte zu liefern, die ungefähr durch die gewünschte Position des Implantates hindurchgehen. Zu diesem Zweck bedient sich der Radiologe der opaken Radiomarkie, die in der Schiene angeordnet ist, um mit dem Rechner des Scanners den gewünschten Ort für das Implantat anzugeben. Der Rechner des Scanners errechnet anschließend ein Bild, das durch diese Marke hindurch und senkrecht zur Ebene der ermittelten Querschnitte verläuft. Ausgehend von diesem errechneten Bild definiert der Arzt, ob man das Implantat an diesem Ort einsetzen kann, und zwar im Hinblick auf die diversen Elemente innerhalb des Knochens und im Hinblick auf die angenäherte Einsetzrichtung. Wenn das Implantat nicht an diesem Ort eingesetzt werden kann, schätzt er eine Abweichung in Richtung auf eine andere Position in Bezug der in der Schiene angeordneten Marke ab. Man bedient sich aller dieser Abschätzungen, um, ohne Zahlenparameter, das Implantat in dem Mund anzubringen.

## Schritt V

**[0009]** Anschließend entfernt man die Schiene aus dem Mund des Patienten, wobei dann bei einigen Realisierungen die Schiene gebohrt wird, die danach als Führung für das Bohren des Kiefers an dem Ort dient, wo das Implantat eingesetzt werden soll.

**[0010]** Ein Problem bei der Durchführung eines solchen Verfahrens liegt in der Übertragung einer Information, die die optimale Achse der erhaltenen Bohrung ausgehend von den Scannerbildern im Hinblick auf die in der Schiene ausgebildete Bohrführung betrifft. Um die von dem Rechner und den Bildern des Scanners ausgegebenen Informationen ausnutzen zu können, ist es notwendig, die Transformation zu kennen, die das Referenzbildsystem des Scanners mit dem Referenzsystem verbindet, in dem die Bohrung mit Hilfe der Schiene erfolgt. Es ist ebenso notwendig, diese Schiene in dem Referenzsystem zu lokalisieren, in dem die Bohrung erfolgt.

**[0011]** Man hat bereits vorgeschlagen, die Außenseite der Schiene (Schritt II oben) mit einem teilweise radioopaken Material zu beschichten, um diese Seite auf den Scannerbildern sichtbar zu machen. Somit kann man die Oberfläche (in drei Dimensionen) der

Schiene in dem Referenzsystem des Scanners lokalisieren, d. h. ein Punkteensemble der Oberfläche in den vom Scanner abgegebenen Bildern (Schritt IV oben) erreichen. Wenn einmal die Schiene aus dem Mund des Patienten herausgenommen wird, wird sie in ein Medium zur optischen oder mechanischen Bestimmung eines dreidimensionalen Sensors platziert. Dieser Sensor dient zur Lokalisierung der Oberfläche der Schiene in dem Referenzsystem zum Bohren. Dieses in Korrespondenzbringen der beiden Oberflächen (Oberfläche der Schiene in dem Referenzsystem des Scanners und Oberfläche der Schiene, wie durch den Sensor ermittelt) erlaubt es, die feste Transformation (Übergangsmatrix) zwischen den beiden Referenzsystemen zu bestimmen, die mit dem Scanner bzw. dem Sensor verbunden sind. Somit kann die Information hinsichtlich der Position der Bohrachse des Implantates oder die entsprechenden Positionen unterschiedlicher Bohrachsen für verschiedene Implantate aus den Scannerbildern in das mechanische Referenzsystem des Sensors, in dem ein Bohrroboter positioniert wird, übermittelt werden.

**[0012]** Eine solche Lösung, die in der französischen Patentanmeldung Nr. 2 705 027 beschrieben ist, benötigt jedoch die Verwendung eines optischen oder mechanischen Sensors, um diese Informationsübertragung zu erhalten.

**[0013]** Das Dokument WO-A-94/26200 beschreibt eine Schiene zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates, bei der zwei Rohre die Schiene durchdringen und sich nach außerhalb des Mundes des Patienten erstrecken.

**[0014]** Das Dokument US-A-5015183 beschreibt ein Verfahren zum Positionieren eines Zahnimplantates im Mund eines Patienten sowie eine Vorrichtung zum Lokalisieren des Implantates.

**[0015]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung vorzuschlagen, um eine Information hinsichtlich einer Bohrachse, die in dem Referenzsystem des Scanners erhalten worden ist, in ein Referenzsystem zu übertragen, das der Bohrführung zugeordnet ist, d. h. der Schiene.

**[0016]** Der vorliegenden Erfindung liegt ebenso die Aufgabe zugrunde, eine Lösung vorzuschlagen, die nicht die Verwendung eines dreidimensionalen optischen oder mechanischen Sensors erfordert.

**[0017]** Zur Lösung dieser Aufgaben sieht die vorliegende Erfindung eine Schiene zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates vor, die in einem Vorsprung an der Außenkontur zumindest zwei hohle, gradlinige und nicht durch einen Punkt laufende Rohre aufweist, die auf beiden Seiten des Vorsprungs Öffnungen aufweisen, und mit Röntgenstrahlen lokalisierbar sind.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegen die entsprechenden Achsen der Rohre in zwei zueinander parallelen Ebenen, die senkrecht zu einer Ebene sind, in der die Schiene liegt.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bilden die Achsen der Rohre untereinander einen Winkel zwischen 60° und 120°, vorzugsweise 90°.

**[0020]** Die vorliegende Erfindung gibt auch einen mechanischen Träger für eine Schiene zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates an, der ein offenes Abteil zur Aufnahme eines Vorsprungs einer Schiene der oben genannten Art begrenzt.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Träger zumindest zwei Platten auf, die voneinander entfernt sind und von einer Basis ausgehen, wobei die beiden Platten jeweils zumindest zwei Öffnungen aufweisen und jede Öffnung mit den äußeren Ende eines hohlen Rohres fluchtet.

**[0022]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind diesem Träger zumindest zwei Stifte zugeordnet, von denen jeder von einer die eine der Platten durchquerende Öffnung in das Rohr, das der Öffnung gegenüberliegt, und in eine Öffnung der anderen Platte gesteckt werden kann.

**[0023]** Die Erfindung zeigt auch ein System zum Übertragen einer simulierten Position eines Zahnimplantates zwischen einem Röntgenscanner und einem Bohrroboter für eine Reproduktionsschiene auf, die eine Gegenform eines Zahnabdruckes ist, das zumindest einen mechanischen Träger und geeignete Einrichtungen aufweist, um die Schiene mit dem Träger lösbar und in einer reproduzierbaren Position zu verbinden, wobei die Schiene zumindest zwei Elemente aufweist, die rechtwinklig zueinander und nicht durch einen Punkt verlaufen sowie bei Röntgenstrahlen sichtbar sind.

**[0024]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind beide gradlinigen, in die Schiene integrierten Elemente Teil der Einrichtungen zum Verbinden der Schiene mit dem Träger.

**[0025]** Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das System geeignet zum Durchführen eines Verfahrens zum Positionieren von Zahnimplantaten mit den folgenden Schritten: Positionieren von zumindest zwei gradlinigen Elementen, die nicht durch einen Punkt gehen und mit Röntgenstrahlen sichtbar sind, in einem offenen Abteil eines ersten mechanischen Trägers; Realisieren einer Schiene auf der Grundlage eines Zahnabdruckes und des mechanischen Trägers, um

die Elemente in der Schiene zu integrieren;  
 Einsetzen der vom Träger abgenommenen Schiene in den Mund und Realisieren von tomographischen Schnitten der Schiene und des korrespondierenden Kiefers mit dem Scanner;  
 Bestimmen der optimalen Position zumindest eines zu verwirklichenden Implantates durch eine Simulations-Software;  
 Bestimmen der idealen Bohrachsen, die durch Analyse der Scannerbilder bestimmt wurden, in einem den gradlinigen Elementen zugeordneten Referenzsystem;  
 Positionieren der Schiene in einem zweiten, mit dem ersten identischen und mit einem Robotersystem verbundenen Träger;  
 Bohren der Schiene längs der genannten Achsen durch den Roboter; und  
 Wiedereinsetzen der Schiene in den Mund und Verwenden dieser Schiene als Führung zum Bohren des Kiefers zum Einsetzen der Implantate.

**[0026]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der erste und der zweite Träger der gleiche Träger, der mit lösbaren Befestigungseinrichtungen für den Bohrroboter ausgerüstet ist.

**[0027]** Die beschriebenen und weitere zusätzliche Aufgaben, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Detail in der folgenden Beschreibung in speziellen nicht beschränkenden Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei:

**[0028]** Fig. 1 schematisch und in Perspektive eine Ausführungsform einer Schiene zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0029]** Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines mechanischen Trägers für eine Schiene gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0030]** Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines Aufnahmeorganes für Verbindungsmittel zum lösbaren Verbinden einer Schiene mit einem mechanischen Träger gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0031]** Fig. 4 eine Ausführungsform einer Verbindungseinrichtung zum lösbaren Verbinden einer Schiene mit einem mechanischen Träger gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0032]** Fig. 5 die Positionen eines mechanischen Trägers und von Verbindungseinrichtungen im Hinblick auf eine Integration der Aufnahmemittel in einer Schiene gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

**[0033]** Fig. 6 eine Schiene gemäß der Erfindung darstellt, die einem mechanischen Träger zugeordnet

und auf einem Zahnabdruck positioniert ist.

**[0034]** Aus Gründen der Klarheit sind gleiche Elemente in unterschiedlichen Figuren durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet.

**[0035]** Ein charakteristisches Merkmal der Erfindung ist es, eine Schiene, die für die Durchführung eines Verfahrens zum Positionieren eines Zahnimplantates geeignet ist, einem mechanischen Träger zuzuordnen und lösbare Verbindungen vorzusehen, die die jeweiligen Positionen der Schiene und des mechanischen Trägers bewahren, solange sie einander zugeordnet sind.

**[0036]** Ein weiteres charakteristisches Merkmal der vorliegenden Erfindung ist es, dass ein Teil der Verbindungsmittel in die Schiene integriert und durch einen Röntgenscanner oder durch jedes andere Lokalisierungssystem in drei Dimensionen lokalisierbar ist, so z. B. ein Bildsystem durch magnetische Resonanz.

**[0037]** Fig. 1 stellt schematisch in Perspektive ein Ausführungsbeispiel einer Schiene gemäß der Erfindung dar. Diese Schiene wird in klassischer Art ausgehend von einem Zahnabguss (nicht in Fig. 1 dargestellt) realisiert, der in einen Kieferabdruck eines Kiefers eines Patienten für das Implantat gegossen wird. Gemäß der vorliegenden weist die Schiene **1** einen Vorsprung **2** auf, der von dem Abguss nach außen sich erstreckt. Dieser Vorsprung **2** nimmt zwei Rohre **3** und **4** auf, die hohl sind und rechtwinklig zueinander verlaufen, wobei die jeweiligen Achsen z. B. in zwei zueinander parallelen Ebenen gelegen sind, die senkrecht zu einer Ebene sind, in der die Schiene **1** liegt. Die Rohre **3** und **4** werden in den Vorsprung während der Herstellung der Schiene **1** integriert, wie im Folgenden erläutert.

**[0038]** Ein Merkmal der Rohre **3** und **4** ist, dass sie aus einem Material sind, das unter Röntgenstrahlen sichtbar ist, um sie durch einen Scanner lokalisieren zu können. Die Achsen der Rohre **3** und **4** sind nicht parallel unter sich und schließen z. B. einen Winkel zwischen  $60^\circ$  und  $120^\circ$ , vorzugsweise  $90^\circ$  ein. Die Rohre **3** und **4** münden auf beiden Seiten in im Wesentlichen ebene Flächen **5**, **6** des Vorsprunges **2**. Die Flächen **5** und **6** sind vorzugsweise parallel zu der Ebene, in der die Schiene liegt.

**[0039]** Die Rohre **3** und **4** haben zwei Aufgaben. Einerseits definieren sie zwei Orte die in den Bildern sich nicht überlagern, welche ausgehend von tomographischen Schnitten des Scanners hergestellt wurden. Auf der anderen Seite bilden sie Aufnahmemittel für lösbare Verbindungseinrichtungen der Schiene mit einem mechanischen Träger.

**[0040]** Fig. 2 stellt eine Ausführungsform eines me-

chanischen lösbaren Trägers gemäß der vorliegenden Erfindung dar.

**[0041]** Nach dieser Ausführungsform hat der Träger die generelle Form eines starren Bügels, bestehend aus zwei Platten **11**, **12**, die von einer Basis **13** ausgehen. Die Platten **11** und **12** sind voneinander entfernt und definieren gemeinsam mit der Basis ein Abteil **14** zur Aufnahme des Vorsprunges **2** einer in **Fig. 1** dargestellten Schiene **1**.

**[0042]** Auch wenn dieses nicht notwendig ist, so sind die Platten **11** und **12** jedoch bevorzugt parallel zueinander und stehen senkrecht auf der Basis **13**.

**[0043]** Jede Platte **11**, **12** weist nach den dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils zwei Öffnungen **15**, **16** bzw. **17**, **18** auf. Diese Öffnungen sind jeweils zu zweit längs der Achse eines Rohres **3**, **4** (**Fig. 3**) ausgerichtet und fluchten jeweils mit dem äußeren Ende eines hohlen Rohres **3**, **4** wenn die Rohre zwischen die Platten **11** und **12** eingesetzt werden.

**[0044]** Die Rohre **3** und **4** sind so ausgebildet, dass sie lösbar mit dem Träger **10** zu verbinden sind, und zwar mit Hilfe von starren Stiften **19** (**Fig. 4**), die in die Öffnungen des Trägers **10** und die Rohre **3** und **4** eingesetzt werden können. Zumindest zwei Öffnungen, z. B. die Öffnungen **15**, **16** der Platte **11** sind durchgehend, um das Einführen der Stifte **19** zu gestatten. Die Öffnungen **17**, **18** der anderen Platte sind nicht unbedingt notwendig durchgehend, sondern können offene Sacklöcher in Richtung der Platte **11** sein.

**[0045]** Die Stifte **19** sind länger als die Rohre **3**, **4** und zwar um die Dicke der Platte **11** und die Tiefe der Löcher **17**, **18** in der Platte **12**, um es zu ermöglichen sie zu greifen, wenn sie in der eingesteckten Position sind. Ein Griffteil **20** der Stifte **19** hat z. B. einen Durchmesser größer als der Durchmesser eines Verbindungsbereiches **21**, um gleichzeitig ein Griffteil für die Stifte und einen Anschlag für die vertieften Bereiche **21** zu bilden, wenn die Stifte durch die vier Öffnungen des Trägers **10** ragen.

**[0046]** Der Innendurchmesser der Rohre **3** und **4** ist im Wesentlichen gleich dem äußeren Durchmesser der Bereiche **21** der Stifte **19** mit den herkömmlichen Toleranzen, um ein Spiel zwischen dem Träger **10** und der Schiene zu vermeiden, wenn die beiden Teile miteinander verbunden sind.

**[0047]** **Fig. 5** zeigt die Verbindung des in **Fig. 2** dargestellten Trägers **10** mit zwei Rohren **3** und **4**, die zwischen den Platten **11** und **12** mit Hilfe von zwei Stiften **19** gehalten sind. Es sei bemerkt, dass die Rohre **3** und **4** nicht notwendigerweise in zwei parallelen Ebenen gehalten werden müssen, vorausgesetzt, dass ihre entsprechenden Achsen sich nicht überlagern. In jedem Falle entspricht jedoch das in

den Figuren dargestellte Ausführungsbeispiel einer bevorzugten Anordnung der Rohre **3** und **4**, da sie die Abmessungen des Vorsprunges **2** am Umfang der Schiene **1** minimiert, die ja so ausgelegt sein muss, dass die in den Mund Patienten eingesetzt werden kann.

**[0048]** Im Folgenden wird eine Möglichkeit eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben, um das Einsetzen eines Zahnimplantates vorzubereiten.

**[0049]** Bei der vorliegenden Erfindung werden die Schritte I und II des bekannten oben zitierten Verfahrens durchgeführt. Jedoch wird in dem Schritt II die Schiene ausgehend von einem Gipsmodell des Gebisses des Patienten erarbeitet und ausgehend von einem Träger **10** gemäß der Erfindung, der mit zwei Rohren **3** und **4** ausgerüstet ist, die mit Hilfe von Stiften, mit einer Struktur, wie in **Fig. 5** dargestellt, verbunden sind.

**[0050]** **Fig. 6** zeigt die Ausbildung einer Schiene **1** gemäß der Erfindung. Ein härtpolierbares Material, z. B. ein Harz, wird nicht nur in den Zahnabdruck **22** aus Gips, der die Zähne des Patienten reproduziert, sondern ebenfalls in das Abteil **14** (**Fig. 5**) des Trägers **10** gegossen, um den Vorsprung **2** auszubilden, in dem dann die Rohre **3** und **4** integriert sind.

**[0051]** Somit ist die Form des Vorsprunges **2** perfekt an die Form des Abteiles **14** des Trägers **10** angepasst.

**[0052]** Es sei bemerkt, dass gemäß der Erfindung das Konstruktionsmaterial für die Schiene irgendein Material sein kann, vorausgesetzt, dass es eine Lokalisierung der in dem Vorsprung angeordneten Rohre **3**, **4** durch einen Scanner zulässt.

**[0053]** Sobald das Harz aushärtet, kann man die Stifte **19** herausziehen, um den Träger **10** von dem Vorsprung **2** der Schiene **2** zu trennen, und erhält eine Schiene, so wie sie in **Fig. 1** dargestellt ist.

**[0054]** Anschließend wird eine Prüfung der in den Mund des Patienten eingeführten Schiene mit dem Röntgenscanner durchgeführt. Diese Überprüfung erlaubt es, auf den Bildern, die von tomographischen Schnitten stammen, die mit dem Scanner aufgenommen wurden, zwei Geraden zu rekonstruieren, die den Achsen der Rohre **3** und **4** entsprechen, von denen ein dreidimensionales Kennzeichen abgeleitet werden kann.

**[0055]** Der Arzt bestimmt dann mit Hilfe der Scannerbilder die ideale Bohrachse für das Einsetzen des Zahnimplantates. Diese Bohrachse wird in dem Referenzsystem des Scanners bestimmt, d. h. auch in dem Referenzsystem für die Rohre **3** und **4**.

[0056] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass dank der zwei integrierten Rohre **3** und **4** die Schiene **1** in dem Träger **10** exakt repositionierbar ist, und zwar im Hinblick auf ihre Originalposition mit Hilfe der beiden Stifte **19**. Die Verwendung von zwei Stiften verhindert jede Bewegung der Schiene in Bezug auf den Träger. Somit kann die Schiene unter Zwischenschaltung des Trägers **10** mit einem Bohrroboter verbunden werden, dessen Referenzsystem das gleiche wie das auf die Rohre **3** und **4** angewandte System ist. Tatsächlich ist die Position der Rohre **3** und **4** invariant in Bezug auf den Träger **10**, wenn die Schiene mit dem Träger verbunden ist. Der Roboter kann daher derart betrieben werden, dass eine Bohrachse exakt mit der Position der Achse zusammenfällt, die durch die Analyse der von dem Scanner abgegebenen Bilder definiert ist, und die Bohrung wird in der Schiene exakt am gewünschten Ort und in der gewünschten Richtung durchgeführt. Dieses Verfahren kann gut wiederholt werden, wenn mehrere Implantate vorgesehen sind. Es bleibt damit dem Zahnchirurgen nur noch, die Schiene in den Mund des Patienten wieder einzusetzen und eine Bohrung des Kiefers auszuführen, indem er seinen Bohrer in dem in der Schiene **1** bereits geformten Loch führt.

[0057] Als Variante kann auch eine dritte Platte (nicht dargestellt) eine Seite des Abteiles **14** abschließen, um die letzte Repositionierung der Schiene **1** in den Träger zu erleichtern. Das Abteil **14** bleibt somit in zwei nicht parallelen Richtungen offen, um das Herausziehen und das Einsetzen des Vorsprungs der Schiene **1** zu erlauben.

[0058] Es sei bemerkt, dass der mit dem Bohrroboter zu verbindende Träger nicht unbedingt der gleiche Träger sein muss wie der Träger, der zur Realisierung der Schiene **1** diente. Tatsächlich kann man gemäß der Erfindung mehrere identische Träger zur Verwendung vorsehen, d. h. bei denen die Positionen der Platten **11**, **12** jeweils zueinander und die Positionen der Öffnungen **15**, **16**, **17**, **18** jeweils identisch sind, so dass ein und dieselbe Schiene mit unterschiedlichen Trägern verbunden werden kann. Dies erlaubt, dass insbesondere ein Träger auf Dauer an dem Bohrroboter befestigt sein kann. Ebenso erlaubt dieses, eine Ausrüstung zum Ausgießen einer Schiene zu verwenden, die mit einem nicht lösbaaren Träger **10** ausgerüstet ist.

[0059] Es sei ebenso bemerkt, dass die einzigen nur einmal verwendbaren Bestandteile die Rohre **3** und **4** sind, bevor sie in die Schiene integriert werden, wohingegen der Träger **10** und die Stifte **19** wieder verwendbar sind.

[0060] Somit liegt ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung in der Kombination verschiedener Elemente, die gradlinig und durch einen Scanner lokalisierbar sind, mit einem mechanischen lösbaaren

Träger, der es erlaubt, ohne Zuhilfenahme anderer Mittel ein und dasselbe Kennzeichen in dem Referenzsystem des Scanners und in dem mechanischen Referenzsystem vorzusehen.

[0061] Natürlich können bei der vorliegenden Erfindung diverse Varianten und Modifikationen vorgenommen werden, wie diese einem Fachmann geläufig sind. Insbesondere könnten verschiedene Materialien (Metall, Keramik) gewählt werden, um den Träger **10** und die Stifte **19** zu realisieren, wobei diese Materialien auch so resistent wie möglich hinsichtlich der Abnutzung sein sollten. Tatsächlich ist das Einführen der Stifte **19** in die Öffnungen des Trägers eine Quelle für die Abnutzung, die vermieden werden muss. So wird man z. B. keramisches Material oder rostfreien Stahl gegenüber Aluminium bevorzugen, Die Rohre **3**, **4** werden aus einem Material ausgewählt, das keine Artefakte während des Durchganges durch den Scanner erzeugt, dessen Spur im Scanner genügend Kontrast hat gegenüber dem Gewebe und den Knochen und das ausreichende mechanische Festigkeit aufweist. Man wird z. B. Titan oder Aluminium wählen. Obwohl darüber hinaus zwei Rohre vorteilhaft und ausreichend für die Durchführung der Erfindung sind, könnte man natürlich vorsehen, mehr als zwei Rohre mit einem zu diesem Effekt ausgelegten Träger vorzusehen. Auch können andere Systeme zum Lokalisieren in drei Dimensionen als ein Röntgenscanner verwendet werden.

### Patentansprüche

1. Schiene (**1**) zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie in einem seitlichen Vorsprung (**2**) an der Außenkontur zumindest zwei hohle, geradlinige und nicht durch einen Punkt laufende Rohre (**3**, **4**) aufweist, die lediglich an beiden Seiten des Vorsprungs Öffnungen aufweisen und mit Röntgenstrahlen lokalisierbar sind.

2. Schiene nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die entsprechenden Achsen der Rohre (**3**, **4**) in zwei zueinander parallelen Ebenen liegen, die senkrecht zu einer Ebene sind, in der die Schiene (**1**) liegt.

3. Schiene nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsen der Rohre (**3**, **4**) untereinander einen Winkel zwischen  $60^\circ$  und  $120^\circ$ , vorzugsweise  $90^\circ$  bilden.

4. Mechanischer Träger (**10**) für eine Schiene (**1**) zum Vorbereiten des Einsetzens eines Zahnimplantates, dadurch gekennzeichnet, dass er ein offenes Abteil (**14**) zur Aufnahme eines Vorsprungs (**2**) einer Schiene nach einem der Ansprüche 1 bis 3 begrenzt, und dass er mit Öffnungen (**15**, **16**; **17**, **18**) versehen ist, die so gelegen sind, dass jede einem äußeren

Ende eines der hohlen Rohre (3, 4) der Schiene gegenüberliegt.

5. Träger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass er zumindest zwei Platten (11, 12) aufweist, die voneinander entfernt gelegen sind und von einer Basis (13) ausgehen, wobei jede der beiden Platten zumindest zwei der besagten Öffnungen (15, 16; 17, 18) aufweist.

6. Träger nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass er mit zumindest zwei Stiften (19) verbunden ist, von denen jeder von einer die eine der Platten (11) durchquerenden Öffnung (15, 16) in das Rohr (3, 4), das der Öffnung gegenüberliegt, und in eine Öffnung (17, 18) der anderen Platte (12) gesteckt werden kann.

7. System zum Übertragen einer simulierten Position eines Zahnimplantates zwischen einem Röntgenstrahl-Scanner und einem Bohrrobot für eine Reproduktionsschiene (1), die eine Gegenform eines Zahnabdruckes (22) ist, dadurch gekennzeichnet, dass es aufweist:

- zumindest einen mechanischen Träger (10) entsprechend einem der Ansprüche 4 bis 6; und
- Einrichtungen (3, 4, 19) zum lösbaren Verbinden der Schiene (1) mit dem Träger (10) in einer reproduzierbaren Position, wobei die Schiene entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 3 ausgebildet ist.

8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden geradlinigen, in die Schiene (1) integrierten Elemente (3, 4) Teil der Einrichtungen zum Verbinden der Schiene mit dem Träger sind.

9. Verfahren zum Positionieren von Zahnimplantaten mit Hilfe eines Systems nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass es die folgenden Schritte aufweist:

- Positionieren von zumindest zwei geradlinigen Elementen (3, 4), die nicht durch einen gemeinsamen Punkt gehen und mit Röntgenstrahlen sichtbar sind, in einem offenen Abteil (14) eines ersten mechanischen Trägers (10);
- Realisieren einer Schiene (1) auf der Grundlage eines Zahnabdruckes (22) und des mechanischen Trägers (10), um die Elemente (3, 4) in der Schiene (1) zu integrieren;
- Einsetzen der Schiene (1) mit abgezogenem Träger (10) in den Mund und Realisieren von tomographischen Schnitten der Schiene und des korrespondierenden Kiefers mit dem Scanner;
- Bestimmen mit einer Simulationssoftware der optimalen Position zumindest eines zu verwirklichenden Implantates;
- Bestimmen der idealen Bohrachsen, die durch die Analyse der Scannerbilder bestimmt wurden, in einem den geradlinigen Elementen (3, 4) zugeordneten Referenzsystem;

- Positionieren der Schiene (1) in einem zweiten, mit dem ersten identischen und mit einem Robotersystem verbundenen Träger (10);

- Bohren der Schiene (1) längs der genannten Achsen durch den Robot; und

- Wiedereinsetzen der Schiene (1) in den Mund und Verwenden dieser Schiene als Führung zum Bohren des Kiefers zum Einsetzen der Implantate.

10. System nach Anspruch 7 oder 8 für die Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Träger der gleiche Träger (10) ist, der mit lösbaren Befestigungseinrichtungen für den Bohrrobot ausgerüstet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

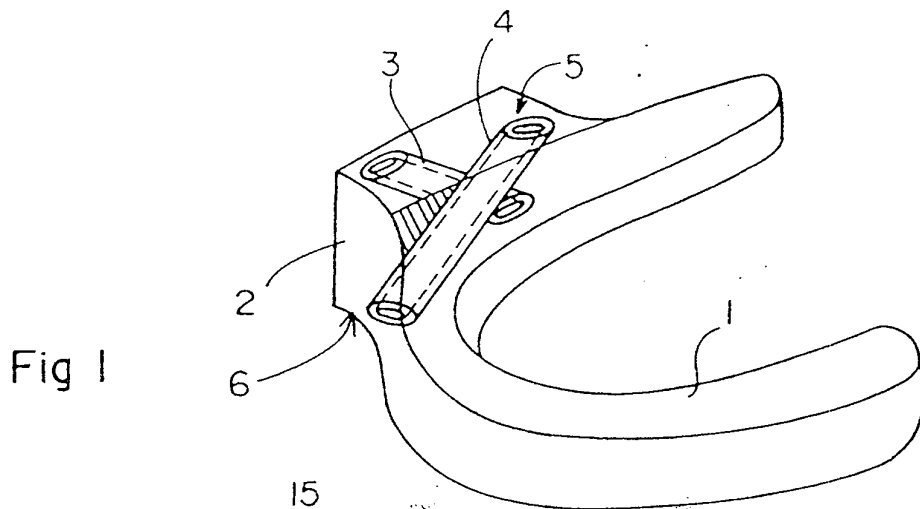


Fig 1

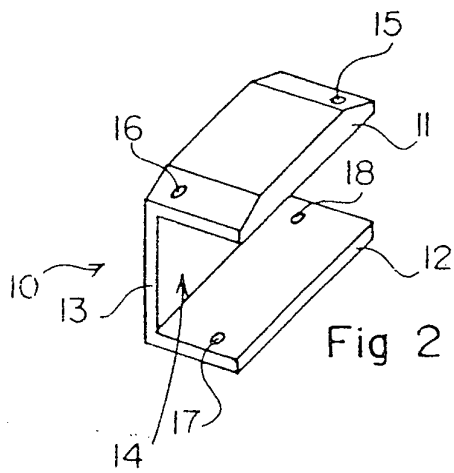


Fig 2

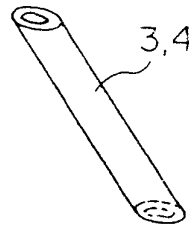


Fig 3

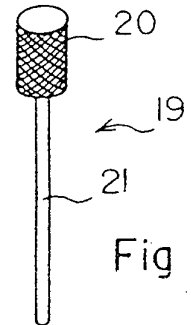


Fig 4

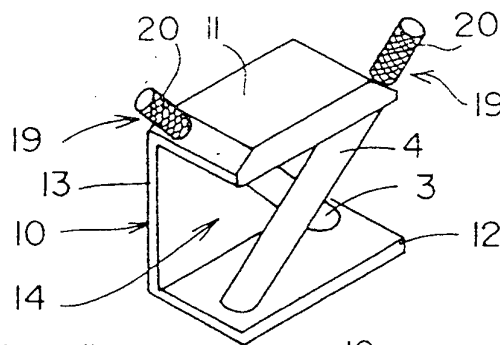


Fig 5

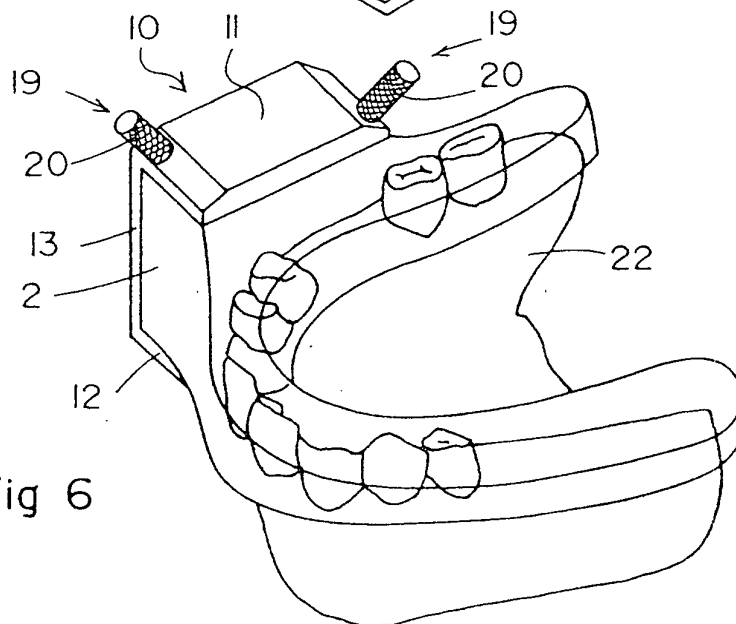


Fig 6