



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 103 00 301 B4 2009.07.02**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 00 301.0**  
 (22) Anmeldetag: **02.01.2003**  
 (43) Offenlegungstag: **29.07.2004**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **02.07.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61C 8/00 (2006.01)**  
**A61C 13/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Sirona Dental Systems GmbH, 64625 Bensheim, DE**

(74) Vertreter:

**Sommer, P., Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anw., 68165 Mannheim**

(72) Erfinder:

**Saliger, Günter, Dr., 64625 Bensheim, DE;**  
**Rothenberger, Bernd, 76593 Gernsbach, DE;**  
**Pieper, Reinhard, 64625 Bensheim, DE**

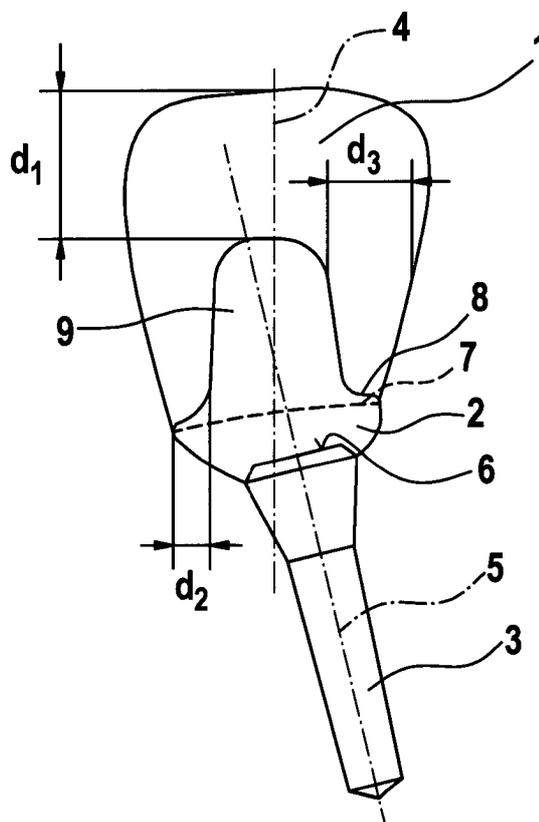
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>100 65 971</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>58 57 853</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>10 62 916</b>	<b>A2</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form, umfassend folgende Schritte:

- Erfassen einer tatsächlichen klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats (3; 13) als digitale Daten;
- Analyse dieser Situation und Bestimmung der Implantatachse (5; 16);
- Berechnen der optimalen Form der Suprastruktur (1, 2); gekennzeichnet durch:
- automatisches Trennen der Suprastruktur in einen ersten Teil (1) und einen zweiten Teil (2)
- Herstellen der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus mindestens einem Rohling (11) anhand der digitalen Daten.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur, insbesondere eines Abutments mit einer Krone, zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form. Das Verfahren umfasst ein Erfassen der klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats als digitale Daten, eine Analyse dieser Situation und eine Bestimmung der Implantatachse sowie eine Berechnung der optimalen Form der Suprastruktur

**[0002]** Die Suprastruktur kann dabei ein- oder mehrteilig sein. Bei mehrteiligen Suprastrukturen für die Versorgung von dentalen Implantaten dient ein Teil der Suprastruktur, nämlich das Abutment, sowohl dem biomechanischen wie dem ästhetischen Zweck, einen Ausgleich der Winkeldifferenz zwischen Implantatachse und Okklusallrichtung herbeizuführen, um bei ästhetisch sinnvollen Lösungen eine gute Übertragung der Kaukräfte auf das Implantat zu gewährleisten.

**[0003]** Die Aufgabe eines Abutments besteht unter anderem darin, auf der dem Kiefer zugewandten Seite den passgenauen Anschluss an das Implantat zu gewährleisten und auf der in die Mundhöhle gerichteten Seite eine Form bereitzustellen, die mit konventioneller Prothetik versorgt werden kann. Insbesondere durch die zweite Anforderung hat sich ein stumpffartiges Aussehen der der Mundhöhle zugewandten Seite des Abutments herausgebildet. Der Stumpf berücksichtigt die Zahnachse des zu ersetzenden Zahns. Diese Achse ist besonders bei Molaren (Backenzähne) senkrecht zur Okklusallfläche der Zähne angeordnet.

## Stand der Technik

**[0004]** Die Formen individueller Abutments wurden bisher vom Zahntechniker oder vom behandelnden Zahnarzt festgelegt. Im bekannten Stand der Technik werden dabei nur Standard-Abutments verwendet. Um den Winkel zwischen Implantatachse und Okklusion auszugleichen, sind allerdings Standard-Abutments mit festen Kippwinkeln auf dem Markt erhältlich.

**[0005]** Das in der EP 1 062 916 A2 vorgestellte Verfahren beruht darauf, dass in einen konventionellen Abdruck ein sogenanntes Manipulier-Implantat eingebracht wird und damit auf dem Modell eine Situation hergestellt wird, wie sie im Mund des Patienten nach dem Einbringen des Implantats vorliegt. Diese klinische Situation wird dann mit Hilfe eines Scanners vermessen mit dem Ziel, Abutments und gegebenenfalls einen dazugehörigen zweiten Teil der Su-

prastruktur herzustellen. Zur Vermessung wird ein Hilfselement verwendet. Mit diesem Verfahren werden die Arbeiten, die der Zahntechniker auch heute schon nach dem Stand der Technik ausführen muss, unter Einsatz eines Rechners weitergebildet, d. h. basierend auf einem digitalisierten 3D-Modell werden die auszuführenden Zwischenstufen Modellation von Abutment, Gerüst und Verblendung im Rechner ausgeführt, um schließlich die benötigten Suprastrukturen mit Hilfe einer rechnergesteuerten Schleifmaschine herzustellen. Man spricht hier von einem CAD/CAM-Prozess.

**[0006]** Aus der US 5 989 029 und aus der US 6 231 342 ist bekannt, aus mehreren Vermessungen in unterschiedlichen Richtungen durch Veränderung eines Standard-Abutments ein individuelles Abutment zu berechnen. Allerdings ist auch hier nach wie vor noch die Erstellung eines Abdrucks erforderlich.

**[0007]** Die US 5,857,853 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Prothese, die auf Implantaten im Kiefer des Patienten befestigt wird. Dazu werden an dem Implantat Vermessungsmittel befestigt und mit einer Aufnahmevorrichtung mindestens zwei Bilder aufgenommen. Diese werden anschließend mit einer Recheneinheit ausgewertet und die Lage und Orientierung des Implantats bestimmt.

**[0008]** Die DE 100 65 971 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung keramischen Zahnersatzes und ein nach diesem Verfahren hergestelltes Zahnersatzteil. Dazu wird eine optische oder mechanische Digitalisierung der Behandlungssituation im Patientenmund und/oder anhand eines mittels Abdruck gewonnen Kiefermodells außerhalb des Patientenmundes vorgenommen.

**[0009]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, dass die Form des individuellen Abutments unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen automatisch erstellt werden soll.

**[0010]** Für die Funktion und Ästhetik der Suprastruktur ist dabei neben der äußeren Gestaltung der Krone unter Berücksichtigung der Okklusion auch die Festlegung des Ausgleichswinkels zwischen Implantat- und Zahnachse von Bedeutung.

## Darstellung der Erfindung

**[0011]** Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Das Verfahren zur automatischen Erzeugung einer mehrteiligen Suprastruktur, insbesondere eines Abutments mit einer Krone, zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form umfasst ein Erfassen der klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats als digitale Daten, eine Analyse dieser Situation und Bestim-

mung der Implantatachse, eine Berechnung der optimalen Form der Suprastruktur, ein automatisches Trennen der Suprastruktur in einen ersten und einen zweiten Teil und ein Herstellen der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus einem oder mehreren Rohlingen aus einem beliebigem Material anhand der digitalen Daten.

**[0012]** Die klinische Situation entspricht der tatsächlichen Situation im Patientenmund. Die gestaltete klinische Situation unterscheidet sich dadurch, dass Maßnahmen ergriffen wurden wie Modellierung des Zahnfleischs durch Aufwachsen oder Festlegen eines Zahnfleischverlaufs anhand eines Datensatzes.

**[0013]** Hierdurch ist es möglich, bei der Berechnung der Außenkontur der zweiteiligen Suprastruktur auch bereits die Verbindungsstelle zwischen dem ersten Teil und dem zweiten Teil einzubeziehen. Als erstes Teil kommt dabei insbesondere ein Abutment, als zweites Teil eine Krone in Betracht. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Trennung der Suprastruktur in Abutment und Krone und die Formgebung des Abutments automatisch vorgenommen. Dabei wird die optimale individuelle Form des Abutments unter Berücksichtigung von geometrischen, klinischen, materialtechnischen und fertigungstechnischen Aspekten automatisch erzeugt.

**[0014]** In der Regel werden die verschiedenen Teile der Suprastruktur aus unterschiedlichen Rohlingen hergestellt. Unter Umständen ist es aber möglich, einen einzigen Rohling für die Herstellung des ersten und zweiten Teils der Suprastruktur zu verwenden.

**[0015]** Gemäß einer Weiterbildung wird eine Passung zwischen dem digital vorliegenden ersten Teil der Suprastruktur einerseits und dem digital vorliegenden zweiten Teil der Suprastruktur andererseits bestimmt und bei der Herstellung berücksichtigt.

**[0016]** Vorteilhafterweise ist die übrige Form der Suprastruktur durch mindestens zwei der nachfolgenden Eigenschaften Schulterbreite, Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse des Implantats, Drehwinkel der Suprastruktur um die Längsachse im Rohling und Stumpfhöhe beschrieben.

**[0017]** Der Verlauf des Randes der Suprastruktur ist derart, dass er innerhalb des verwendeten Rohlings liegt. Als Rand wird dabei die Trennlinie zwischen einem oberen Teil der Suprastruktur, beispielsweise einer Krone und einem unteren Teil der Suprastruktur, beispielsweise einem Abutment bezeichnet. Dieser Rand sollte aus ästhetischen Gründen auf dem oder unterhalb des Zahnfleischrands liegen. Der Rand der Suprastruktur wird der von einer vorgegebenen klinischen Situation oder aus einer gestalteten klinischen Situation gewonnen.

**[0018]** Unter dentaler Suprastruktur werden alle Bauteile verstanden, die direkt auf einem Implantat befestigt werden können. Dies sind insbesondere Abutments, aber auch Teleskope und anderes.

**[0019]** Die Beschreibung der Form oder des Randes erfolgt dabei in Form digitaler Daten als Linie, Flächen oder Punktwolken, aber auch parametrisch. Die Form der gesamten Suprastruktur kann ebenfalls digital dargestellt werden als bestehend aus Randlinien, als Oberfläche, als Punktwolke, und/oder als parametrische Beschreibung. Beispielhaft ist hier die Darstellung mit einer Randlinie und einem Parametersatz gewählt.

**[0020]** Gemäß einer Weiterbildung wird die Form eines Abutments optimiert bezüglich einer oder mehrerer oder aller der folgenden Parameter, nämlich Mindestmass für die Schulterbreite, maximale Stumpfhöhe begrenzt durch Neigungswinkel gegenüber der Okklusallrichtung, Blockgeometrie und Höhe der Okklusallfläche, wobei die maximale Stumpfhöhe so bemessen ist, dass sie um ein Höchstmass unterhalb der Höhe der Okklusallfläche liegt, minimale Stumpfhöhe, welche durch die Lage des Kopfes einer Okklusalschraube begrenzt ist, Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling, der sich aus der relativen Lage des Implantats in der klinischen Situation ergibt.

**[0021]** Diese Optimierung erfolgt automatisch anhand der vorliegenden digitalen Daten durch eine geeignete Software und das Ergebnis sind digitale Daten, die das herzustellende Abutment beschreiben. Diese Daten können auf geeignete Weise zu Kontrollzwecken sichtbar gemacht werden, beispielsweise durch Anzeige eines dreidimensionalen Modells auf einem Bildschirm.

**[0022]** Vorteilhafterweise ist die Form des Rohlings und die Form der dentalen Suprastruktur im Koordinatensystem der Anschlussgeometrie an das Implantat beschrieben. Die Anschlussgeometrie an das Implantat ist eine fixe Geometrie, die sowohl im Implantat als auch im Rohling und in der herzustellenden Suprastruktur zu finden ist und in großer Fertigungsgenauigkeit vorliegt. Durch diesen Umstand entfällt eine Umrechnung zwischen verschiedenen Koordinatensystemen bei deren geschickter Wahl. Allgemein reicht aber bereits irgendein bekanntes Koordinatensystem aus, welches beispielsweise durch die Vermessung festgelegt wird.

**[0023]** Vorteilhafterweise kann in besonders problematischen, d. h. uneindeutigen Fällen die Bestimmung der Implantatachse interaktiv mit dem Benutzer erfolgen.

**[0024]** Weitere Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

## Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigt die

[0026] [Fig. 1](#) ein Schemabild für eine zweiteilige Suprastruktur für ein dentales Implantat, die

[0027] [Fig. 2a, b](#) eine klinische Situation mit zwei im Kiefer eingebetteten Implantaten, die

[0028] [Fig. 3](#) die Anordnung eines herzustellenden Abutments in einem Rohling, die

[0029] [Fig. 4](#) eine klinische Situation während der Vermessung, die

[0030] [Fig. 5](#) eine Berechnung der Suprastruktur für die klinische Situation gemäß [Fig. 4](#), die

[0031] [Fig. 6a–d](#) Beispiele für die Zerlegung der Suprastruktur in mehrere Teile, die

[0032] [Fig. 7a, b](#) ein Ausführungsbeispiel für Konuskronen in zwei Ansichten.

## Ausführungsbeispiel

[0033] In [Fig. 1](#) ist eine aus einer Krone **1** und einem Abutment **2** bestehende zweiteilige Suprastruktur eines Implantats **3** schematisch dargestellt. Die Einschubrichtung der Krone **1** wird durch eine Achse **4** angedeutet.

[0034] Die Lage des Implantats **3** im Kieferknochen wird durch eine weitere Achse **5** dargestellt. Die Achsen **4** und **5** sind nur in seltenen Fällen übereinstimmend, da die Einbaulage des Implantats innerhalb der klinischen Situation patientenabhängig ist und unter Berücksichtigung einerseits des Knochenangebots und andererseits der vorhandenen Zähne festzulegen ist. Diese Größen sind entscheidend für die fachgerechte Position und Orientierung des Implantats hinsichtlich der späteren mechanischen Festigkeit beim Kauen. Die Lage des Implantats mit seiner Achse **5** kann deshalb von der Lage der ursprünglichen Zahnwurzel abweichen.

[0035] Das Abutment **2** ist über eine Anschlussgeometrie **6** mit dem auf Kieferknochen-Niveau befindlichen Ende des Implantats **3** unter Ausbildung eines Formschlusses verbunden. Die ideale Abutmentform erweitert sich von der Anschlussgeometrie zum Implantat ausgehend so, dass sie ca. 1 mm unterhalb des Zahnfleisches (Gingiva) mit dem Abutmentrand **7** einen Zahnquerschnitt formt.

[0036] Oberhalb des Abutmentrandes **7** formt sie eine umlaufende Schulter **8**, auf der sich die Krone **1** abstützt. Diese Schulter **8** ist breit genug, um sicher-

zustellen, dass die Wandstärke der Krone den materialbedingten Mindestwert nicht unterschreitet. Die Schulter **8** geht über in einen schlankeren Stumpf **9**.

[0037] Dieser Stumpf **9** zeigt in die durch die Achse **4** angegebene Einschubrichtung. Im idealen Fall gleicht das Abutment **2** durch seine Form den als Kippwinkel bekannten Winkel zwischen der Achse **5** des Implantats und der Einschubrichtung derart aus, dass die Krone **1** in okklusaler Richtung entlang der Achse **4** aufgesetzt werden kann (siehe hierzu [Fig. 3](#)).

[0038] Anstelle der Okklusalrichtung kann auch eine beliebige andere Achse herangezogen werden, etwa eine gemeinsame Einschubachse des oberen Teils der zweiteiligen Suprastruktur bei einer Suprastruktur für mehrgliedrigen Restaurationen.

[0039] In den [Fig. 2a, b](#) ist eine klinische Situation mit zwei im Kiefer eingebetteten Implantaten im Längsschnitt dargestellt, wobei anstelle der Krone ein Gerüst **1'** auf zwei Abutments **2', 2''** aufgesetzt wird. Die Implantate **3', 3''** weisen Achsen **5', 5''** auf die zueinander windschief sein können (dargestellt in [Fig. 2b](#)). Die Abutments **2', 2''** weisen jedoch Einschubachsen **4', 4''** auf, die zueinander parallel sind. Die Implantate **3', 3''** sind im Kieferknochen **22** verankert und erstrecken sich bis zum Zahnfleisch **23**.

[0040] Ein ideales Abutment weist außerdem einen als „Verdrehschutz“ ausgebildeten Querschnitt auf, der verhindert, dass sich die aufgesetzte Krone gegen das Abutment verdrehen lässt.

[0041] Die äußere Geometrie des Abutments trägt den Mindestgrößen  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  Rechnung, die später erläutert werden.

[0042] In [Fig. 3](#) ist ein aus einem Rohling **11** herzustellendes Abutment **12** schematisch dargestellt. Der Rohling **11** weist zur formschlüssigen Verbindung mit einem Implantat **13** eine Anschlussgeometrie **14** auf, wobei das Abutment **12** so in den Rohling **11** gelegt ist, dass es die Anschlussgeometrie **14** übernimmt.

[0043] Der Rohling **11** enthält eine Bohrung **15** zur Aufnahme einer Befestigungsschraube an dem Implantat. Die Bohrung **15** ist im Ausführungsbeispiel konzentrisch zu einer Mittelachse **16** des Implantats **13**. Die Mittelachse **16** des Implantats **13** gibt aber hauptsächlich die Richtung der Befestigung an der Anschlussgeometrie **14** vor.

[0044] Der Rohling **11** ist im Bereich der Anschlussgeometrie konisch ausgebildet, so dass er die Formgebung des Abutments zu einem Abutmentrand **17** hin vorzeichnet. An den Abutmentrand **17** schließt sich eine Schulter **18** an, die in einen Stumpf **19** übergeht.

**[0045]** Der Stumpf **19** ist derart in dem Rohling **11** angeordnet, dass eine die Richtung des Aufsetzens einer Krone **1** wiedergebende Achse **20** die Mittelachse **16** in einem Winkel schneidet. Grundsätzlich können die Achsen **16** und **20** auch gegeneinander windschief sein, es hat sich jedoch gezeigt, dass die Verwendung von sich schneidenden Achsen hinreichend ist.

**[0046]** Dabei ist sichergestellt, dass der gestrichelt dargestellte Kopf **21** einer Okklusalschraube innerhalb der Bohrung **15** liegt, die von der Wand des Abutments **12** begrenzt ist.

**[0047]** Die optimale Abutmentform variiert die ideale Abutmentform derart, dass die nachfolgend beschriebenen Randbedingungen, nämlich klinische Situation, geometrische, materialtechnische und fertigungstechnische Bedingungen erfüllt sind.

**[0048]** Die klinische Situation bestimmt die ideale Abutmentform. Neben Lage und Orientierung des dentalen Implantats wird die umgebende Zahnsituation analysiert. Aus dieser Analyse ergibt sich die Richtung der Okklusion und damit der Winkel, den das Abutment ausgleichen soll. Außerdem wird die Höhe des Okklusaltableaus ermittelt.

**[0049]** Die Rohlinge, in der Regel Keramikblöcke, die für die Herstellung von Abutments verwendet werden, weisen bestimmte geometrische Randbedingungen auf. Aus Präzisionsgründen ist bei ihrer Herstellung die Größe und Form dieser Blöcke sehr begrenzt variierbar. Aus diesen Blöcken kann nicht jede beliebige ideale Abutmentform hergestellt werden. Unter anderem ist zu berücksichtigen, dass der Kopf **21** der Okklusalschraube komplett innerhalb der Form des Abutments **12** verschwinden soll, siehe [Fig. 3](#).

**[0050]** Die Materialstärke des Werkstoffes und insbesondere einer Keramik für das Abutment **2** und die darauf passende Krone **1** darf bestimmte Mindestwerte  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  nicht unterschreiten. Diese Wandstärken sind aber stark materialabhängig und können daher für jedes Material gesondert berücksichtigt werden.

**[0051]** Sind zum Zeitpunkt der Formgebung des Abutments bereits fertigungstechnische Randbedingungen bekannt, die aus der Herstellungsweise von Abutment und Krone herrühren, können auch sie einen Einfluss auf die optimale Form des Abutments haben.

**[0052]** Ist z. B. bekannt, dass beide Keramikformen in einer Schleifmaschine mit begrenzten Freiheitsgraden für Instrumente hergestellt werden, kann bei der Generierung der optimalen Form sichergestellt werden, dass die Form des Abutments überhaupt geschliffen werden kann. Das gilt nicht nur für die Posi-

tivform des Abutments, sondern auch für die Negativform, also für die Innenseite der Krone, welche eine Befestigungsfläche darstellt.

**[0053]** Um die ideale und optimale Form eines Abutments automatisch zu erzeugen, muss zunächst eine Modellbeschreibung der Form vorliegen. Dabei kann z. B. der Abutmentrand als Linie im Koordinatensystem der Anschlußgeometrie des Implantats, die übrige Form als Parameter beschrieben sein.

**[0054]** Die Linie definiert den Übergang vom Abutment zur Krone und ist räumlich geschlossen. Sie liegt z. B. als Liste von Punkten oder als Funktion vor. Diese Linie verläuft Idealerweise aus ästhetischen Gründen etwas unterhalb des umlaufenden Zahnfleisches.

**[0055]** Als Parameter kommen Schulterbreite, Kippwinkel, Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling und Stumpfhöhe in Frage.

**[0056]** Der Rohling lässt sich ebenfalls im Koordinatensystem seiner Anschlussgeometrie, die perfekt auf die Anschlussgeometrie des Implantats passt, beschreiben. Die Form des idealen Abutmentrandes kann dann stückweise lokal angepasst werden, so dass diese Linie gänzlich innerhalb der Außenkontur des verwendeten Rohlings **11** liegt.

**[0057]** Um das gesamte Abutment zu beschreiben, müssen dann lediglich alle Parameter auf alle Randbedingungen hin optimiert werden. Die Schulterbreite  $d_s$  beträgt bei den derzeit verwendeten üblichen Keramiken mindestens 1 mm. Die maximale Stumpfhöhe  $h_{max}$  ist durch den Kippwinkel, die Blockgeometrie und die Höhe des Okklusaltableaus **22** begrenzt und liegt mindestens 1 mm unterhalb dieser Höhe. Die minimale Stumpfhöhe  $h_{min}$  ist durch die Lage des Kopfes **21** der Okklusalschraube nach unten begrenzt.

**[0058]** Die minimale Höhe  $h_{min}$  und die maximale Höhe  $h_{max}$  liegen senkrecht zu der Achse **20**, welche die Richtung des Aufsetzens der Krone **1** auf den Stumpf **19** wiedergibt. Die minimale Schulterbreite  $d_s$  ist parallel zu der Achse **20** zu messen.

**[0059]** Der Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling ergibt sich aus der relativen Lage des Implantats in der klinischen Situation und ist wegen der Rotationssymmetrie des Rohlings durch diesen nicht weiter begrenzt.

**[0060]** Durch Anwendung dieses Verfahrens lässt sich die optimale individuelle Abutmentform automatisch erzeugen und gegebenenfalls maschinell herstellen.

**[0061]** Zunächst wird die klinische Situation oder

eine gestaltete klinische Situation des Implantats digital erfasst, z. B. durch eine intraorale Messkamera. Anschließend wird diese Situation unter Berücksichtigung auch der Nachbarzähne und der Lage und der Orientierung des Implantats analysiert und die Implantatachse bestimmt. Dies kann auch interaktiv geschehen. Danach liegen alle Daten vor, die für die automatische Erzeugung einer Abutmentform benötigt werden. Mit Hilfe der oben beschriebenen Randbedingungen wird zunächst die ideale Form und dann davon ausgehend die optimale Form des Abutments berechnet.

**[0062]** Die Aufteilung in zwei Schritte ist dabei nicht zwingend notwendig, insbesondere muss der Anwender das zwischenberechnete Standardabutment nicht angezeigt bekommen. Nur aus programmtechnischer Sicht wird anhand der Randparameter wie Geometrie des Blockes und Kippwinkel der Implantatachse unter Anwendung von Konstruktionsregeln ein Standardabutment berechnet und dann dieses Abutment bezüglich der gewünschten Linie angepasst.

**[0063]** Anschließend kann sich der Anwender der Gestaltung der Krone zuwenden.

**[0064]** Da beide Teile der Suprakonstruktion für das Implantat digital vorliegen, kann eine optimale Passung zwischen ihnen sichergestellt werden. Die Einzelteile können jederzeit mit einer Bearbeitungsmaschine aus beliebigem Material, insbesondere aus Keramik oder Metall, aber auch aus Kunststoff hergestellt werden.

**[0065]** In [Fig. 4](#) ist ein in einem nicht dargestellten Kieferknochen unterhalb eines Zahnfleischrandes **30** eingebrachtes Implantat **31** dargestellt. Zu beiden Seiten des Implantats **31** sind Nachbarzähne **32**, **33** vorhanden, welche die seitliche Ausdehnung einer zu konstruierenden Suprastruktur begrenzen. Die in [Fig. 4](#) dargestellte klinische Situation wird dadurch gestaltet, dass im unmittelbaren Bereich des Implantats **31** der tatsächliche Verlauf des Zahnfleischrandes **30** durch ein Ausgleichsteil **34** auf einen gewünschten Verlauf gebracht wird, der zusammen mit einer am Implantat **31** angebrachten Messvorrichtung **35** über eine Intraoral-Kamera **36** vermessen wird. Über das Vermessungsteil **35** lässt sich auf die Lage und Orientierung des Implantats **31** schließen, das Ausgleichsteil **34** legt den Verlauf des Zahnfleisch fest.

**[0066]** Anhand der Vermessungsdaten kann eine in [Fig. 5](#) dargestellte Suprastruktur berechnet werden. Aus der bekannten Okklusalfäche der Nachbarzähne wird die Größe und die Orientierung der für das Implantat benötigten Zahnkrone bestimmt. Die zervikale Bestimmungslinie eines aus einer Zahnbibliothek ausgewählten Büchereizahns wird in mesio-dis-

taler Richtung leicht unter das Niveau gelegt, das durch das Ausgleichsteil **34** gemessen wurde. Zusammen mit der bekannte Lage des Implantatkopfes wird die Zervikalfäche der herzustellenden Suprastruktur berechnet.

**[0067]** In [Fig. 6a](#) wird die Zerlegung der Suprastruktur in zwei Teile schematisch gezeigt, wobei es sich hier um ein Abutment und eine Krone handelt, die über eine Passung, auch als Trennfläche bezeichnet, verbindbar sind. Die Gestalt dieser Trennfläche kann vom Benutzer in Grenzen variiert werden, solange die übrigen Konstruktionsregeln beachtet werden.

**[0068]** Wesentlich ist, dass in diesem Beispiel die gesamte Suprastruktur berechnet wird und auch die Trennfläche automatisch festgelegt wird. Diese Trennfläche gestattet es dem Anwender, die Suprastruktur aus mehr als einem Körper herzustellen. Dies kann angebracht sein, weil unterschiedliche Restaurationsmaterialien mit unterschiedlichen Merkmalen zum Einsatz kommen sollen bzw. kommen müssen, weil eine ästhetisch hochwertigere Gestaltung erforderlich ist oder weil die geometrischen Verhältnisse keine andere Lösung zulassen.

**[0069]** In [Fig. 6b](#) ist die Zerlegung der Suprastruktur in ein Kappchen und ein entsprechendes Abutment gezeigt, wobei das Kappchen konventionell mit Keramiken verblendet wird.

**[0070]** In [Fig. 6c](#) ist die Zerlegung der Suprastruktur in eine Reduzierkrone und ein Abutment der endgültigen Versorgung dargestellt. Durch die reduzierte Größe liegt diese Krone außerhalb der Okklusion des gegenüberliegenden Zahns und erfährt daher keine Krafteinwirkung außer einer Restkraft beim Kauen. Dabei kann von dem Anwender die tatsächlich notwendige und funktional korrekte Krone konstruiert werden. Diese Krone wird dann rechnerisch so reduziert, dass sie sicher außerhalb der Okklusion ist. Dieses Werkstück kann dann z. B. aus Kunststoff hergestellt werden. In einer zweiten Sitzung kann dann eine Krone gemäß dem Originaldatensatz geschliffen und die endgültige Krone kann eingesetzt werden.

**[0071]** In [Fig. 6d](#) ist eine Zerlegung der Suprastruktur in eine teilweise verblendbare Krone und ein Abutment gezeigt. Dabei kann sowohl die Passung zwischen Abutment und Krone als auch die Passung zwischen Krone und Verblendung unter Berücksichtigung der Konstruktionsregeln automatisch berechnet werden.

**[0072]** Sollen ein oder mehrere Implantate mit Teleskopen oder mit Konuskronen versorgt werden, gibt es prinzipiell zwei unterschiedliche Vorgehensweisen. Das Implantat, oder auch mehrere Implantate, wird mit einem normalen Abutment versorgt, auf die-

ses Abutment wird ein Teleskop-Kronengerüst gesetzt, auf das die Prothese aufgeschoben werden kann. Alternativ dazu kann das Abutment selbst als in [Fig. 7a](#) und b dargestellte Konuskronen geformt sein. In diesem Fall bildet das Abutment keinen herkömmlichen Kronenstumpf, sondern die Teleskopkronen. Seine Form kann in diesem Fall durch einen anderen Satz Parameter beschrieben werden, z. B. könnte auch hier eine Linie die Randform beschreiben, außerdem definieren Konushöhe und Konus-Winkel die Form innerhalb des Randes. Die Implantate **3'**, **3''** weisen Achsen **5'**, **5''** auf, die zueinander windschief sein können (dargestellt in [Fig. 7a](#)). Die Konuskronen **72'**, **72''** weisen jedoch Einschubachsen **4'**, **4''** auf, die zueinander parallel sind. Die Implantate **3'**, **3''** sind im Kieferknochen **22** verankert und erstrecken sich bis zum Zahnfleisch **23**. Die Unterteilung in Abutment und Krone oder jede andere Art der Unterteilung wird dann automatisch berechnet.

**[0073]** Die Regeln, die es bei der Gestaltung des Abutments zu beachten gilt, sind im Rechner abgebildet und kommen bei der automatischen Aufspaltung in Abutment und Suprastruktur zur Anwendung.

**[0074]** Gemäß der EP 1 062 916 A2 wird sowohl für die Formgebung des Abutments wie die des Gerüsts und der Verblendung entweder ein Wax-Up oder eine Bibliothek verwendet. Verwendet man einen Wax-Up bedeutet das, dass mehrere Messaufnahmen ausgeführt werden müssen, um hintereinander die Herstellung von Abutment, Gerüst und Verblendung zu ermöglichen.

**[0075]** Die Erfindung hingegen beschleunigt den gesamten Ablauf und trägt mit dazu bei, die Verlagerung der Technik zum Zahnarzt hin zu ermöglichen.

**[0076]** Da die heutigen Implantate, sofern sie zur Versorgung einzelner Zähne verwendet werden, nicht sofort den Kaukräften ausgesetzt werden dürfen, weil das die innige Verbindung zum Kieferknochen beeinträchtigt, verwenden die Implantatsysteme sogenannte Einheilkappen. Nachdem das Implantat gesetzt wurde, verschließt der Zahnarzt die mechanische Kupplung am Implantat mit einer Einheilkappe und näht das Zahnfleisch wieder komplett zu, um bei einer zweiten Operation nach ca. 8 Wochen den Bereich der Einheilkappe wieder zu eröffnen und dann eine prothetische Versorgung mit Abutment und Suprastruktur einzuleiten. Bei anderen Systemen liegt die Einheilkappe offen und befindet sich auf dem Niveau des Zahnfleisches. Hier wird die Einheilkappe auch dazu genutzt, um das Zahnfleisch so zu formen, so dass sich im Vergleich zu den Nachbarzähnen ein natürlicher Verlauf ergibt.

**[0077]** Die Suprastruktur **1'** kann mehrere Abutments aufweisen, die durch eine gemeinsame Gerüstkonstruktion miteinander verbunden sind,

## Fig. 2a.

### Bezugszeichenliste

<b>1, 1'</b>	Krone
<b>2, 2', 2''</b>	Abutment
<b>3, 3', 3''</b>	Implantat
<b>4, 4', 4''</b>	Achse
<b>5, 5', 5''</b>	Achse
<b>6</b>	Anschlussgeometrie
<b>7</b>	Abutmentrand
<b>8</b>	Schulter
<b>9</b>	Stumpf
<b>11</b>	Rohling
<b>12</b>	Abutment
<b>13</b>	Implantat
<b>14</b>	Anschlussgeometrie
<b>15</b>	Bohrung
<b>16</b>	Mittelachse
<b>17</b>	Abutmentrand
<b>18</b>	Schulter
<b>19</b>	Stumpf
<b>20</b>	Achse
<b>21</b>	Kopf
<b>22</b>	Okklusalfäche
<b>23</b>	Zahnfleisch
<b>30</b>	Zahnfleischrand
<b>31</b>	Implantat
<b>32</b>	Nachbarzahn
<b>33</b>	Nachbarzahn
<b>34</b>	Ausgleichsteil
<b>35</b>	Vermessungsteil
<b>36</b>	Messvorrichtung/Intraoral-Kamera
<b>72', 72''</b>	Konuskronen

### Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form, umfassend folgende Schritte:

- Erfassen einer tatsächlichen klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats (**3**; **13**) als digitale Daten;
- Analyse dieser Situation und Bestimmung der Implantatachse (**5**; **16**);
- Berechnen der optimalen Form der Suprastruktur (**1**, **2**);

gekennzeichnet durch:

- automatisches Trennen der Suprastruktur in einen ersten Teil (**1**) und einen zweiten Teil (**2**)
- Herstellen der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus mindestens einem Rohling (**11**) anhand der digitalen Daten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Passung zwischen dem digital vorliegenden ersten Teil (**1**) der Suprastruktur einerseits und dem digital vorliegenden zweiten Teil (**2**) der Suprastruktur andererseits bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des mit dem Implantat zu verbindenden Teils der Suprastruktur beschrieben ist durch mindestens zwei der nachfolgenden Eigenschaften Schulterbreite, Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse (5) des Implantats (3), Drehwinkel der Suprastruktur um die Längsachse (16) im Rohling (11) und Stumpfhöhe.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und dass die Form eines Abutments (2) optimiert wird bezüglich einer oder mehrerer oder aller der folgenden Parameter:

- ein Mindestmass für die Schulterbreite;
- eine maximale Stumpfhöhe begrenzt durch den Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse (5) des Implantats (3), die Geometrie des Rohlings (11) und die Höhe der Okklusalfäche (22), wobei die maximale Stumpfhöhe so bemessen ist, dass sie um ein Höchstmass unterhalb der Höhe der Okklusalfäche (22) liegt;
- eine minimale Stumpfhöhe, welche durch die Lage des Kopfes einer Okklusalschraube (14) begrenzt ist;
- einen Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling (11), der sich aus der relativen Lage des Implantats (3; 13) in der klinischen Situation ergibt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des Rohlings (11) und die Form der dentalen Suprastruktur (1, 2) im Koordinatensystem der Anschlussgeometrie (6; 14) an das Implantat (3; 13) beschrieben sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der Implantatachse (5; 16) interaktiv mit dem Benutzer erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur eine Krone ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur ein Kappchen ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur eine reduzierte Krone ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Suprastruktur dreiteilig ist und ein erstes Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein zweites Teil der Suprastruktur eine teilweise verblendete Krone ist und dass der drit-

te Teil ein Verneer ist und dass neben der Passung des ersten und zweiten Teils auch eine Passung für das dritte Teil mit dem ersten Teil und/oder mit dem zweiten Teil berechnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Suprastruktur (1') mehrere Abutments aufweist, die durch eine gemeinsame Gerüstkonstruktion miteinander verbunden sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufteilungsregeln vom Benutzer variierbar sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Implantat verbundene Teil der Suprastruktur in der endgültigen Größe berechnet wird und dass der mit diesem Teil verbundene weitere Teil der Suprastruktur als provisorische Suprastruktur mit gegenüber den endgültigen Außenabmessungen verringerten Außenabmessungen unter Beibehaltung der Passung berechnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verwendung desselben Datensatzes der Teil der Suprastruktur in den endgültigen Abmessungen berechnet wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

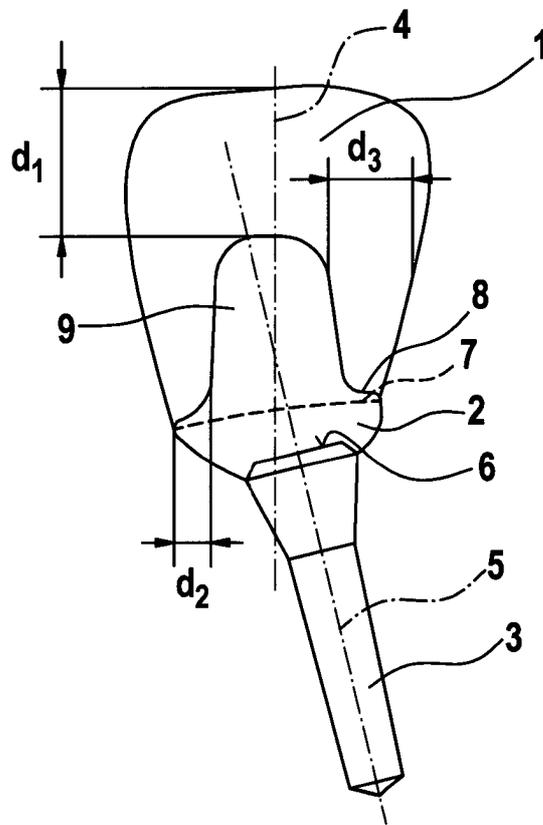


Fig. 2a

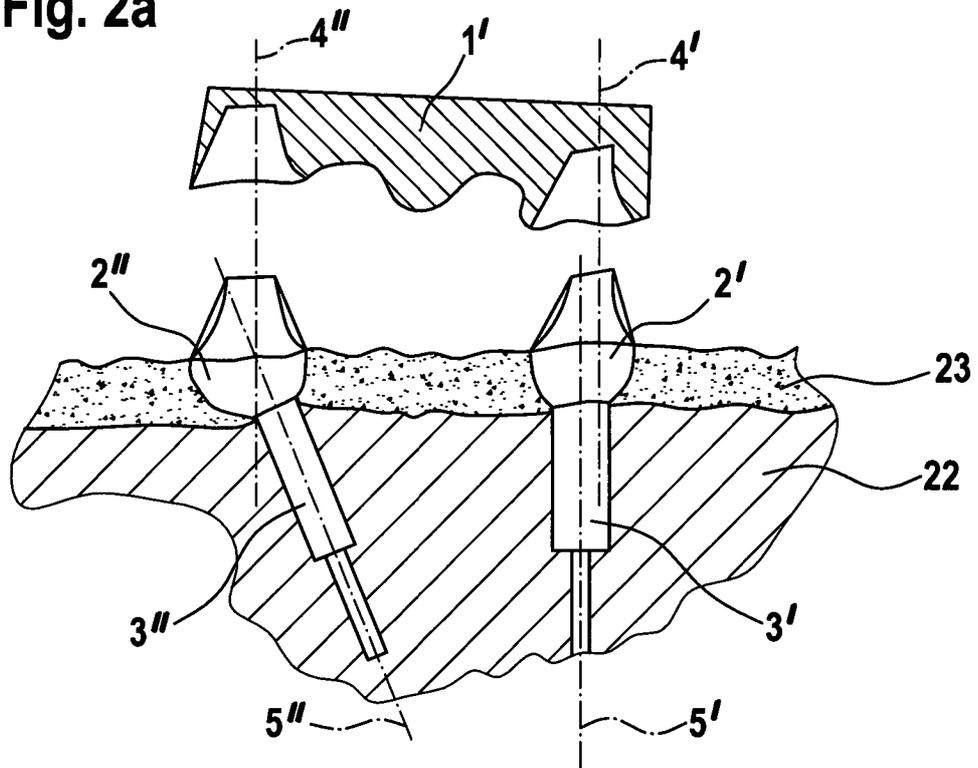


Fig. 2b

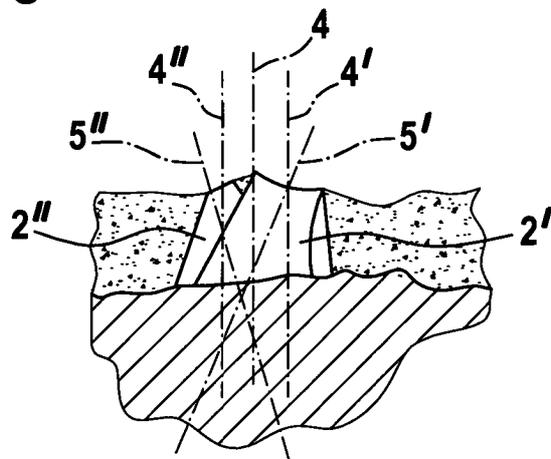
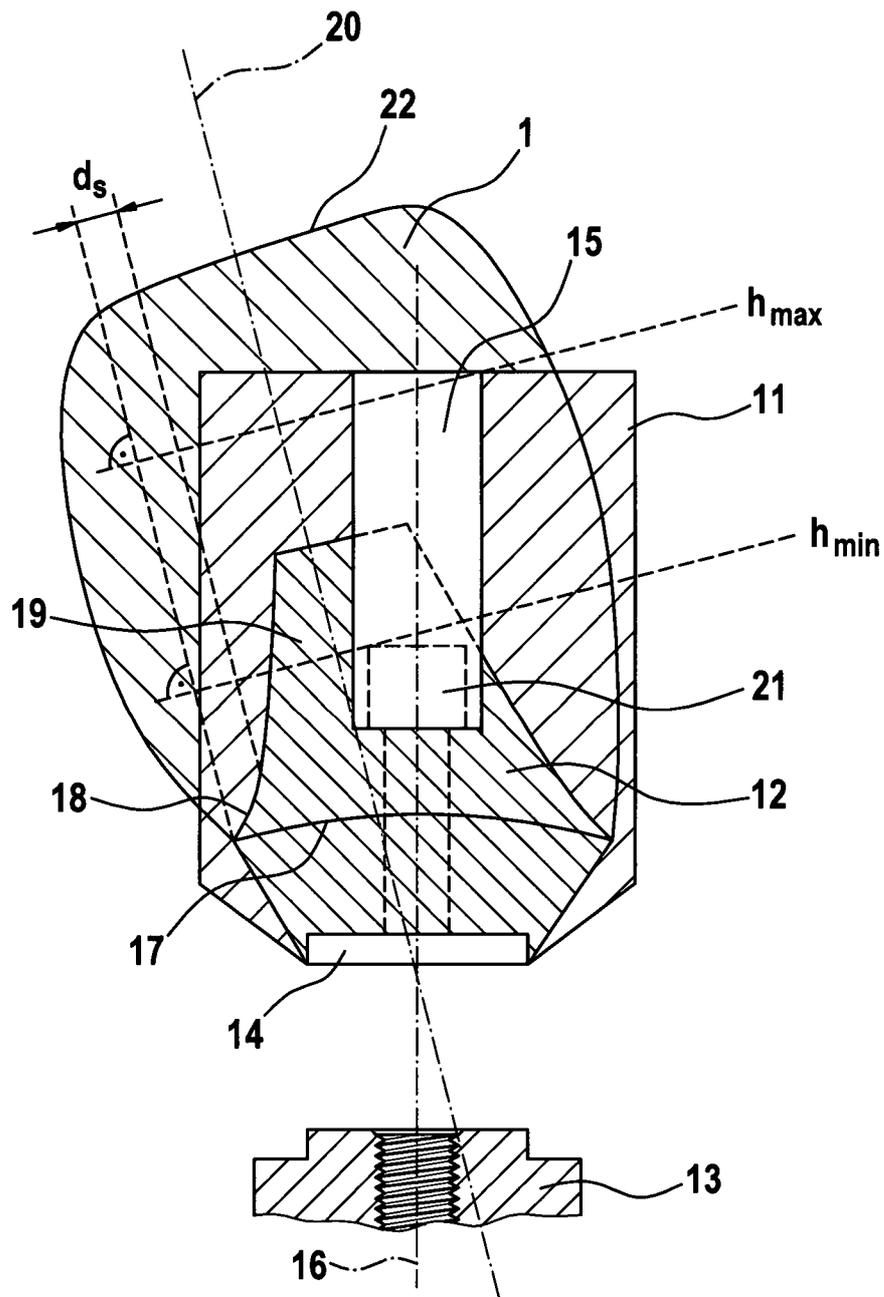
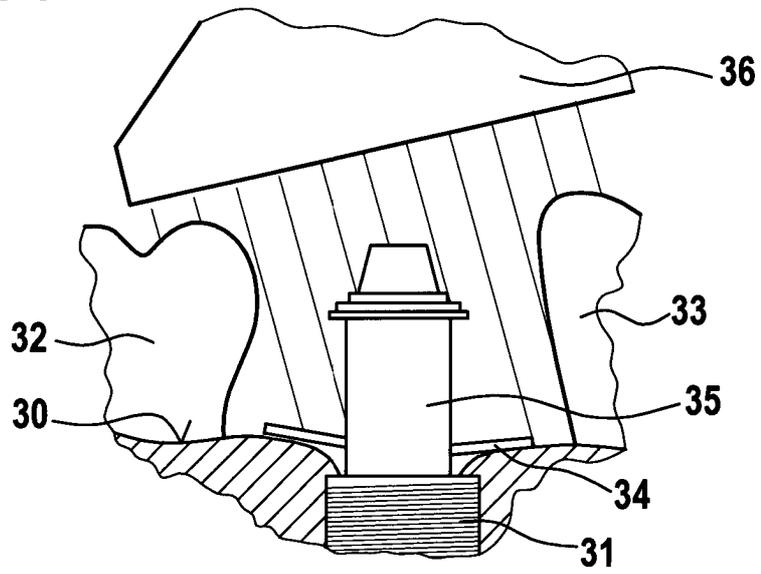


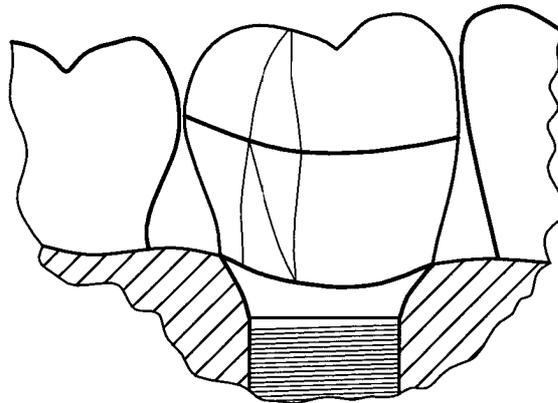
Fig. 3



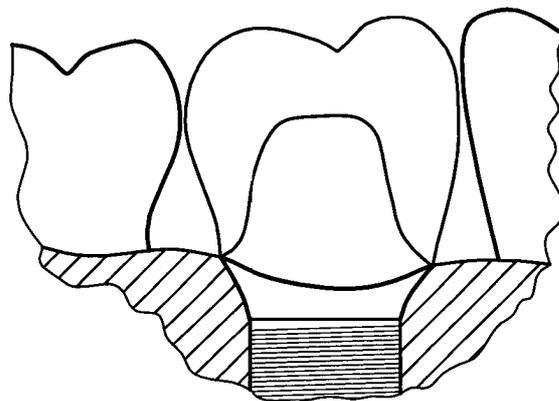
**Fig. 4**



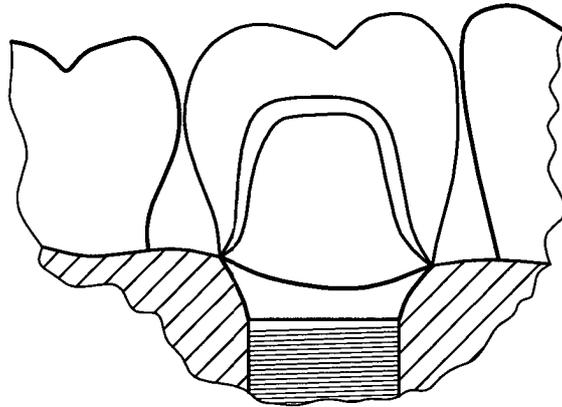
**Fig. 5**



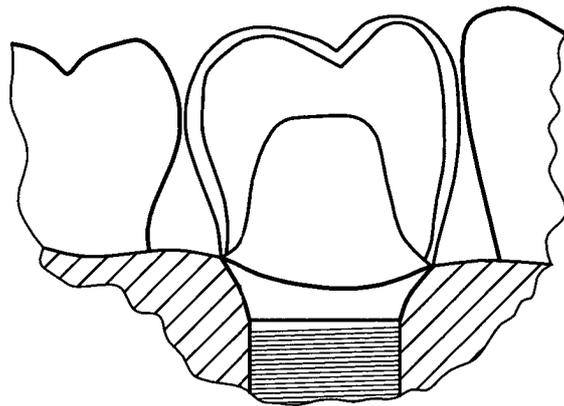
**Fig. 6a**



**Fig. 6b**



**Fig. 6c**



**Fig. 6d**

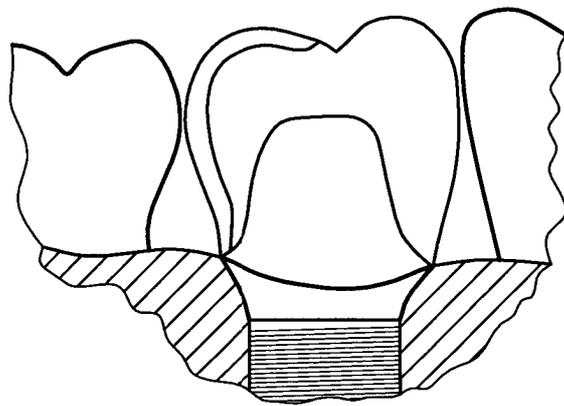


Fig. 7a

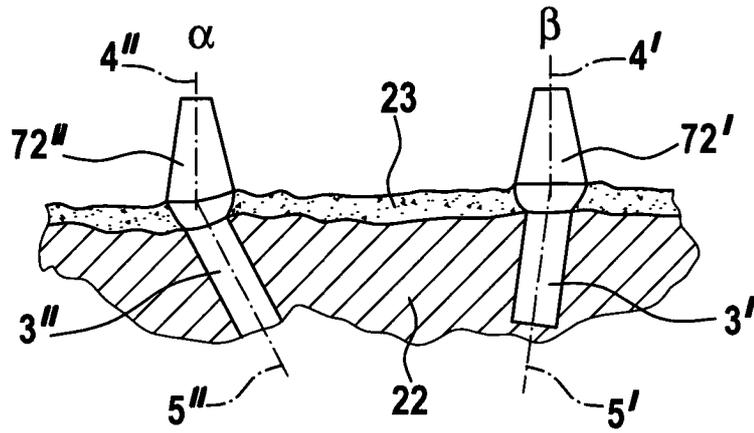


Fig. 7b

