

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 709 687 B1**

(51) Int. Cl.: **A61C 7/12** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00787/14

(22) Anmeldedatum: 23.05.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2015

(24) Patent erteilt: 29.03.2018

(45) Patentschrift veröffentlicht: 29.03.2018

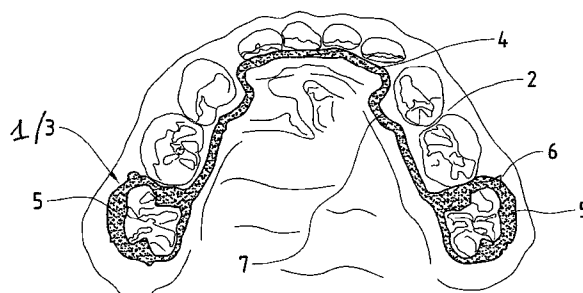
(73) Inhaber:
Digital Smile GmbH, Dorfstrasse 17
9413 Obereggen (CH)

(72) Erfinder:
Simon Graf, 3012 Bern (CH)
Mark Kabashi, 8730 Uznach (CH)

(74) Vertreter:
BOVARD AG, Patent- und Markenanwälte
Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

(54) **Kieferorthopädische Apparatur und Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur.**

(57) Eine kieferorthopädische Apparatur ist mit wenigstens einem kieferorthopädisch wirksamen Element (4) und wenigstens einem Halteelement (5) zum Halten der Apparatur am Kiefer ausgebildet, wobei die Apparatur einstückig ausgebildet ist. Bei einem Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur wird ein elektronischer Datensatz für ein dreidimensionales Modell (2) eines Kiefers, an dem die Apparatur angebracht werden soll, erstellt. Weiter erfolgt ein virtuelles Positionieren eines oder mehrerer kieferorthopädischer Elemente (4) der Apparatur am Kiefermodell (2). Anschliessend wird ein elektronischer Datensatz eines dreidimensionalen Modells (3) der Apparatur erstellt. Die Apparatur wird durch ein additives und/oder abtragendes Fertigungsverfahren gemäss dem Datensatz des Apparaturmodells gefertigt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine kieferorthopädische Apparatur und ein Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur wie etwa eine Zahnsperre.

[0002] In herkömmlicher Weise werden Zahnsperren hergestellt, indem ein physikalisches Modell eines Kiefers inklusive der Zähne erstellt wird, kieferorthopädisch wirksame Elemente, wie etwa Drähte, auf dem Modell platziert werden und anschliessend ein aushärtender Kunststoff am Modell und den Elementen angeformt wird, der die Elemente fixiert und verbindet. Anschliessend kann ein Nacharbeiten oder Polieren erforderlich sein. Ein solches Verfahren ist z.B. in der DE 3 831 292 A1 beschrieben.

[0003] Für ein solches Verfahren muss zunächst am Patienten eine Abformung des Kiefers mit Zähnen erstellt werden, der als Negativvorlage für das physikalische Kiefermodell dient. Hierfür muss eine Abformungshilfe, z.B. ein Abformlöffel mit Formmasse, wie etwa Gips, Alginat oder Silikon, in den Mund eines Patienten eingeführt, am Kiefer angedrückt und nach einer Wartezeit wieder entnommen werden. Diese Prozedur ist für den Patienten unangenehm und zeitaufwendig. Ferner müssen die einzelnen Schritte bei der Herstellung der Zahnsperre sukzessive in mehreren Schritten unabhängig voneinander durchgeführt werden, wodurch jeweils Wartezeiten entstehen. Die Herstellung der Zahnsperre ist daher zeit- und kostenaufwendig. Zudem können bei der Herstellung des Kiefermodells, beim Platzieren der kieferorthopädischen Elemente und/oder beim Aushärten des Kunststoffes Toleranzen relativ zum Kiefer des Patienten entstehen, die einen optimalen Sitz der Zahnsperre und eine optimale Wirkung verunmöglichen.

[0004] Für die Herstellung von Zahnersatzteilen wurden bildgebende Verfahren entwickelt, aus welchen ein dreidimensionales Modell des Kiefers mit Zähnen erstellt werden kann. Hierfür wird z.B. eine Kamera oder ein Scanner in den Mund eingeführt, die den Kiefer aus unterschiedlichen Bildwinkeln ablichten. Oder mittels einer anderen dreidimensionalen bildgebenden Technologie, wie z.B. digitale Volumen-Tomographie, Computer-Tomographie oder Magnet-Resonanz-Tomographie. Eine Computer-Software kann aus diesen Aufnahmen Datensatz für ein virtuelles Kiefermodell errechnen, aus welcher ein weiterer Datensatz für eine Formgebung des Zahnersatzteils ermittelt wird. Auf der Grundlage dieses Datensatzes kann z.B. mittels Rapidprototyping-Verfahren das Zahnersatzteil hergestellt werden. Dabei wird das Zahnersatzteil durch schrittweises Aushärten von aufeinander aufgetragenen Materialschichten z.B. mittels Laserstrahlung aufgebaut. Solche Verfahren sind z.B. in der DE 10 2007 014 985 A1 und der DE 10 2005 049 886 A1 beschrieben. Zahnersatzteile, wie etwa Zahnkronen, Zahnbrücken oder Implantate, sind raumausfüllende Einzelteile mit einem Volumen von mehreren Quadratmillimetern. Für derart voluminöse Teile sind additive Verfahren, wie das Rapidprototyping, aus der mechanischen Produktionsindustrie bekannt.

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine kieferorthopädische Apparatur zu schaffen, die für einen Patienten angenehm zu tragen ist, die eine kieferorthopädische Behandlung einwandfrei umsetzt und in einfacher Weise anzupassen ist. Weiter ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur bereitzustellen, das den Patienten nur wenig belastet, mit wenigen Arbeitsschritten auskommt, schnell und präzise ist sowie Anpassungen in einfacher Weise ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird von der Erfindung durch eine kieferorthopädische Apparatur nach Anspruch 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur nach Anspruch 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0007] Eine kieferorthopädische Apparatur nach der vorliegenden Erfindung weist wenigstens ein kieferorthopädisch wirksames Element und wenigstens ein Halteelement zum Halten der Apparatur am Kiefer auf. Ein kieferorthopädisch wirksames Element ist z.B. ein Drahtbügel, der z.B. an einem oder mehreren Zähnen anliegt, eine Kieferplatte, die am Kiefer anliegt, ein Verstellelement zum Einstellen von Drahtbögen, Kieferplatten etc. und andere Elemente, wie sie bei kieferorthopädischen Apparaturen üblich sind.

[0008] Ein Halteelement kann z.B. ein Zahnaufsatz sein, der auf oder um einen Zahn gelegt wird, um die Apparatur am Kiefer zu fixieren. Grundsätzlich kann ein Halteelement auch durch ein kieferorthopädisch wirksames Element gegeben sein. In der Regel weist die Apparatur mehrere kieferorthopädische Elemente und mehrere Halteelemente auf, um individuell auf unterschiedliche Bereiche im Kiefer einwirken zu können und die Apparatur sicher am Kiefer halten zu können.

[0009] Nach der Erfindung ist die kieferorthopädische Apparatur einstückig ausgebildet. Unter dem Begriff «einstückig» soll dabei verstanden werden, dass die gesamte Apparatur mit all ihren Elementen in einem Stück geformt ist. Es liegen nicht zunächst einzelne Stücke bzw. Elemente vor, die anschliessend miteinander fest verbunden werden. Die einstückige Apparatur weist somit verschiedene Bereiche auf, welche den kieferorthopädischen Elementen und den Halteelementen entsprechen und deren Funktion erfüllen. Die verschiedenen Bereiche gehen unmittelbar ineinander über. Dabei ist es durchaus möglich, dass verschiedene Bereiche der Apparatur aus unterschiedlichen Materialien bestehen, beispielsweise aus Metall oder Kunststoff, die ohne weitere Verbindungsmittel aneinandergeformt werden.

[0010] Bei einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die kieferorthopädische Apparatur wenigstens ein drahtförmiges Element als ein kieferorthopädisches Element, das sich über mehrere Zähne erstreckt und an die Kontur der Zähne angeformt ist. Das angeformte drahtförmige Element folgt der Kontur der Zähne derart, dass das Element zumindest grösstenteils an der Aussenfläche der Zähne anliegt. Ein Druck, der von dem drahtförmigen Element auf die Zähne ausgeübt wird,

kann dadurch grossflächig auf die Zähne übertragen werden, wodurch die kieferorthopädische Wirkung präzise ausgeübt werden kann.

[0011] Weiter ist bei einer Ausführungsform einer kieferorthopädischen Apparatur der Erfindung ein Halteelement derart ausgebildet, dass es einen Zahn zumindest teilweise umgibt und an diesen angeformt bzw. angepasst ist. Demnach liegt eine Anlagefläche des Halteelements zumindest grösstenteils unmittelbar auf der Aussenfläche eines Zahns an. Das Halteelement schmiegt sich somit an den Zahn an und eine Haltekraft wird grossflächig auf den Zahn übertragen. Vorzugsweise ist das Halteelement ringförmig ausgebildet und umgibt den Zahn vollständig.

[0012] Bei noch einer weiteren Ausführungsform einer kieferorthopädischen Apparatur nach der Erfindung ist wenigstens eines der kieferorthopädischen Elemente als Verstellelemente zur Einstellung der Apparatur ausgebildet. Das Verstellelement kann z.B. eine Schraube sein. Das Verstellelement muss nicht am Kiefer anliegen, sondern kann sich an weitere kieferorthopädische Elemente anschliessen.

[0013] Eine erfindungsgemässe kieferorthopädische Apparatur wird vorzugsweise durch ein Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur nach der vorliegenden Erfindung gefertigt. Das erfindungsgemässe Verfahren umfasst wenigstens nachfolgende Schritte: Es wird ein elektronischer Datensatz für ein dreidimensionales Modell eines Kiefers, an dem die Apparatur angebracht werden soll, erstellt. Anschliessend wird wenigstens ein kieferorthopädisches Element der Apparatur virtuell am Kiefermodell positioniert. Dabei wird das Element durch Computersimulation am Kiefermodell angeordnet. Gleichzeitig kann eine Formgebung des kieferorthopädischen Elements festgelegt werden. Vorzugsweise wird das Element der Kontur des Kieferbereichs, an dem es angeordnet sein soll, angepasst. Zumindest eine Anlagefläche, mit der das kieferorthopädische Element und somit die Apparatur am Kiefer anliegt, folgt somit wenigstens grösstenteils der Kieferkontur. So werden vorteilhaft beim virtuellen Positionieren die kieferorthopädischen Elemente am Kiefermodell angeformt. Danach wird ein elektronischer Datensatz eines dreidimensionalen Modells der Apparatur erstellt. Dieser Datensatz umfasst die Positionierung des wenigstens einen kieferorthopädischen Elements und, falls für die Apparatur vorgesehen, weitere Elemente wie etwa Halteelemente. Letztlich wird die Apparatur durch ein additives und/oder abtragendes Fertigungsverfahren gemäss dem Datensatz des Apparaturmodells gefertigt.

[0014] Das erfindungsgemässe Verfahren ist insbesondere für die Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur vorteilhaft, wie sie oben beschrieben wurde. Das Verfahren kann aber auch vorteilhaft zur Weiterbildung einer bestehenden Apparatur und zur Integration vorgefertigter Bauteile in eine Apparatur verwendet werden. Das Verfahren ist zur Herstellung von kieferorthopädischen Apparaturen mit dem Zweck, Zähne zu bewegen, wie einer Bewegung der Zähne auf dem Kiefer alleine oder einer Bewegung der Kiefer zueinander oder unerwünschte Zahnbewegungen zu verhindern, geeignet. Es können z.B. herausnehmbare Zahnspangen, Retainer und dergleichen, aber auch Elemente für befestigte Apparaturen gefertigt werden.

[0015] Die Erstellung und Verarbeitung der elektronischen Datensätze wird von einem Computer ausgeführt, der u. a. einen geeigneten Algorithmus zur Umsetzung von Bilddaten des Kiefers in Modelldaten und zur Positionierung von Elementen relative zum Kiefermodell aufweist. Die Bilddaten des Kiefers werden z.B. durch einen Scanner (intraoral oder extraoral), eine Kamera, eine ionisierende- oder andere nicht Licht-basierende bildgebende Technologie (CT, DVT, MRI) erfasst, wie aus dem Stand der Technik bekannt. Der Computer übermittelt den Datensatz für die Apparatur an eine Steuereinheit einer Fertigungsanlage für additive oder abtragende Fertigungsverfahren.

[0016] Als additives Fertigungsverfahren wird z.B. selektives Laser-Melting, selektives Laser-Sintering oder Rapid-Prototyping verwendet. Bei additiven Fertigungsverfahren wird ein dreidimensionales Objekt hergestellt, indem einzelne Materialschichten in einer Ebene entsprechend der Form des Objekts aufgetragen und gehärtet werden. So wird das Objekt schichtweise aufgebaut, wobei sich die einzelnen Schichten zu einem Ganzen verbinden und das Objekt in einem Stück geformt ist. Durch einen Wechsel des Fertigungsmaterials kann das Objekt auch Bereiche unterschiedlichen Materials aufweisen. Ein additives Fertigungsverfahren hat den Vorteil, dass weniger Material zur Herstellung der Apparatur erforderlich ist. Als Material, aus dem die Apparatur aufgebaut wird, wird biologisch verträgliches Material verwendet, das in geeigneter Form bereitgestellt werden kann, um die einzelnen Schichten der Apparatur auszubilden. Das Material kann z.B. in flüssiger Form oder in Pulverform vorliegen. Als Metall kann z.B. Kobaltchrom oder Legierungen daraus verwendet werden. Vorteilhaft können zur Fertigung der Apparatur unterschiedliche Fertigungsmaterialien für unterschiedliche Elemente verwendet und aneinandergefügt werden. Dadurch können z.B. drahtförmige Elemente aus Metall und Kieferplatten aus Kunststoff gefertigt werden. Es können für verschiedene Bereiche der Apparatur Materialien verwendet werden, die nach dem Aushärten unterschiedliche Anforderungen an Elastizität, Härte und dergleichen erfüllen.

[0017] Als abtragendes Fertigungsverfahren wird z.B. ein Laser-Cutting-Verfahren verwendet, wobei entsprechend dem dreidimensionalen Modell von einem Rohling Material abgetragen wird, um die gewünschte Form zu erhalten.

[0018] Ein Vorteil dieses Herstellungsverfahrens ist es, dass dem Patienten die unangenehmen Abformungen mittels Alginat, Silikon oder Ähnlichem erspart wird. Zudem bietet die grosse Variabilität der Formgebung mittels der virtuellen Positionierung der Elemente die Möglichkeit die Zahnspangen, für den Patienten so angenehm wie möglich zu gestalten. Dicke und Festigkeit der Elemente und der gesamten Apparatur können optimal angepasst werden und es kann eine perfekte Passgenauigkeit für die Verbindung Zahn-Zahnspanne erreicht werden.

[0019] Bei einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens werden mehrere kieferorthopädische Elemente der Apparatur unabhängig voneinander positioniert und in einem Apparaturmodell zusammengefasst. In dem Apparaturmodell sind somit die mehreren kieferorthopädischen Elemente zu einem Stück zusammengefügt. Vorzugsweise werden alle kieferorthopädischen Elemente und auch Halteelemente zum Halten der Apparatur am Kiefer und sonstige Elemente am Kiefermodell positioniert, in den Apparaturdatensatz aufgenommen und durch das additive bzw. abtragende Fertigungsverfahren gefertigt. Somit kann die Apparatur schnell und passgenau gefertigt werden.

[0020] Bei einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens können eines oder mehrere vordimensionierte oder vorgefertigte Bauelemente, wie z.B. Verstellelemente in Form von Schrauben, virtuell relativ zu den kieferorthopädischen Elementen positioniert und in den elektronischen Datensatz für das Apparaturmodell aufgenommen werden. Bei der additiven Fertigung der Apparatur wird dann das Fertigungsmaterial schichtweise um das Bauteil verteilt und gehärtet, sodass dieses in der Apparatur fest aufgenommen ist. Dabei ist es auch möglich, dass durch die Strahlung, die zum Aushärten verwendet wird, sich das Fertigungsmaterial chemisch mit dem Material des Bauelements verbindet. Die Apparatur kann somit beliebig mit Bauteilen z.B. in Form von herkömmlichen zahntechnischen Geräten erweitert werden.

[0021] Bei noch einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens können nach Erstellung der Apparatur weitere Elemente durch ein additives Fertigungsverfahren hinzugefügt und/oder bestehende Elemente oder Teile von Elementen durch ein abtragendes Fertigungsverfahren entfernt werden. Dadurch kann die Apparatur an neue Anforderungen angepasst werden oder nach der Fertigstellung korrigiert werden, falls erforderlich. Hierfür wird die bestehende Apparatur in den Datensatz für die Modellapparatur aufgenommen und die weiteren Elemente virtuell ergänzt oder es werden Bereiche virtuell entfernt, die abgetragen werden sollen.

[0022] Bei dem Verfahren wird vorzugsweise beim Fertigen der Apparatur die Apparatur derart ausgerichtet oder angeordnet, dass bei der Schichtung respektive dem Aushärten des Fertigungsmaterials keine zu grosse Hitze im Umfeld eines Schmelzortes entsteht, welche bereits vollendeten Anteilen der Apparatur schaden könnte.

[0023] Es ist ein Vorteil des Verfahrens nach der Erfindung, dass die Apparatur mit Elementen aus verschiedenen Metallen, wie etwa Kobaltchrom und Nickel-Titanium, hergestellt werden. Dies kann entweder durch Anfügen bei der Ausarbeitung, durch direktes Verbinden beim Entstehungsprozess oder durch lokales Ändern der Materialzusammensetzung bei dem Herstellungsprozess geschehen. So können z.B. Elemente wie Finger-Federn an der Apparatur vorgesehen werden. Die Apparatur kann auch mittels erfasster 3D-Daten von bestehenden Zahnsparungen, z.B. von Molarenbändern, direkt mit diesen verbunden werden, wobei Verbindungsteile entsprechend der Formgebung ausgestaltet und im Apparaturmodell aufgenommen werden. Weiter kann die Apparatur mit Kunststoffelementen erweitert werden, die entweder konventionell oder durch Rapid-Prototyping hergestellt wurden, wie etwa Lip-Bumper mit einem labialen Kunststoff-Schild. Die Apparatur kann auf skelettalen Verankerungen befestigt werden, wie z.B. auf einem Mini-Implantat-System.

[0024] Die Erfindung wurde anhand mehrerer Beispiele dargestellt. Die einzelnen technischen Merkmale eines Beispiels kann durchaus auch in Kombination mit einem anderen Beispiel mit den dargelegten Vorteilen verwendet werden. Die Beschreibung der erfindungsgemässen technischen Merkmale ist daher nicht auf das jeweilige Beispiel beschränkt.

[0025] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen dargestellt, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. Aus den Zeichnungen offenbar werdende Merkmale der Erfindung sollen einzeln und in jeder Kombination als zur Offenbarung der Erfindung gehörend betrachtet werden. In den Zeichnungen zeigt:

- Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Modellierung einer ersten kieferorthopädischen Apparatur.
- Fig. 2 die erste kieferorthopädische Apparatur aus der Modellierung gemäss Fig. 1,
- Fig. 3 eine zweite kieferorthopädische Apparatur in Form eines Retainers,
- Fig. 4 einen Ausschnitt aus einer Modellierung einer zweiten kieferorthopädischen Apparatur mit einem Verstellelement und
- Fig. 5 die zweite kieferorthopädische Apparatur aus der Modellierung gemäss Fig. 4.

[0026] Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer Abbildung bei der Modellierung einer ersten kieferorthopädischen Apparatur 1, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist. In Fig. 1 ist ein Abbild eines dreidimensionalen Kiefermodells 2 eines Unterkiefers mit Zähnen gezeigt, wie es durch einen elektronischen Datensatz für das Kiefermodell festgelegt ist. Der Datensatz wurde aus Abbildungen gewonnen, die im Mund eines Patienten aufgenommen wurden. Weiter ist ein Abbild eines dreidimensionalen Modells der Apparatur, dem Apparaturmodell, 3 gezeigt, wie es durch einen elektronischen Datensatz für das Apparaturmodell festgelegt ist. Das Apparaturmodell 3 umfasst ein drahtförmiges kieferorthopädisches Element 4, das sich auf der Innenseite des Kiefers entlang mehrerer Zähne erstreckt. Das kieferorthopädische Element 4 liegt auf der Innenseite der Schneidezähne an diesen an und folgt der Kontur dieser Zähne, um sich an ihnen abzustützen. Weiter weist das drahtförmige Element 4 eine Spannungsschleufe 7 auf. Die seitlichen Bereiche des Elements 4 entlang der Backenzähne verlaufen in einem Abstand zu den Zähnen. An den beiden Enden des kieferorthopädischen Elements 4

ist jeweils ein Halteelement 5 vorgesehen, das als ringförmiges Element einen Backenzahn umgibt. Die Halteelemente 5 liegen rings um den Zahn mit einer Auflagefläche am Zahn an, so dass die Auflagefläche an die Kontur des Zahns angepasst ist. Das Apparaturmodell zeigt, wie das kieferorthopädische Element 4 und die Halteelemente 5 am Kiefermodell 2 positioniert sind, damit sich die Apparatur an den Schneidezähnen und den hinteren Backenzähnen abstützt und durch die Spannungsschleife 7 einen Druck ausüben kann. Zudem weisen die Halteelemente 5 an ihren Aussenflächen kleine Vorsprünge 6 auf, die als Angriffspunkte beim Lösen der Apparatur vom Kiefer dienen.

[0027] Grundsätzlich ist es möglich, zusätzlich zu den Elementen, die für die Apparatur vorgesehen sind, Hilfselemente vorzusehen, welche die Herstellung mittels eines additiven Fertigungsverfahrens erleichtern. Die Hilfselemente werden in den Datensatz für das Apparaturmodell aufgenommen und bei der Fertigung mitproduziert. Anschliessend werden die Hilfselemente entfernt, beispielsweise durch ein abtragendes Fertigungsverfahren. Als Hilfselemente können z.B. Stege oder Verstrebungen vorgesehen werden, welche die rechte und linke Kieferseite der Apparatur verbinden.

[0028] Fig. 2 zeigt die kieferorthopädische Apparatur 1, wie sie mit dem erfindungsgemässen Herstellungsverfahren gefertigt wurde. Die Apparatur ist aus Metall. Es ist klar ersichtlich, dass die Apparatur 1 einstückig ist. Sowohl das drahtförmige kieferorthopädische Element 4 als auch die beiden Halteelemente 5 sind übergangslos als ein Stück geformt. Mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens ist es möglich, verschiedene Bereiche des drahtförmigen Elements 4 mit unterschiedlichen Durchmessern oder Querschnitten auszubilden. Beispielsweise ist es vorteilhaft, wenn die seitlichen Bereiche und die Bereich an den Schneidezähnen einen ovalen Querschnitt aufweisen, wodurch das Element in diesen Bereichen steifer ist, und im Bereich der Spannungsschleife 7 einen runden Querschnitt vorsieht, wodurch diese leichter biegsam ist. Die kieferorthopädische Apparatur 1 wurde vollständig durch ein additives Fertigungsverfahren gemäss dem Herstellungsverfahren nach der Erfindung gefertigt. Die Apparatur wurde daher vollständig in einem Arbeitsprozess hergestellt.

[0029] Fig. 3 zeigt einen Retainer, der dazu dient, eine unerwünschte Zahnbewegung zu verhindern. Der Retainer weist ein Halteelement 8 und zwei sich zu beiden Seiten des Halteelements 8 erstreckende kieferorthopädische Elemente 9 und 9' auf. Die kieferorthopädischen Elemente 9 und 9' sind an die Kontur der Zähne angepasst und halten diese in ihrer Position. Die Kontaktfläche zu den Zähnen ist jeweils abgeflacht für eine optimale Haftfläche, sodass der Durchmesser zwischen den Zähnen von rund zu halbrund bei den Zahnflächen variiert. Das Halteelement 8 dient der optimalen Positionierung im Munde des Patienten und wird nach dem Befestigen an den Zähnen abgetrennt. Der Retainer ist ebenfalls einstückig ausgebildet.

[0030] Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einer Abbildung bei der Modellierung einer zweiten kieferorthopädischen Apparatur 10, wie sie in Fig. 5 gezeigt ist. In Fig. 4 ist wiederum ein Abbild eines dreidimensionalen Kiefermodells 2 gezeigt, in diesem Fall eines Oberkiefers. Die Abbildung zeigt ein Apparaturmodell 11, das auf der rechten und der linken Seite des Kiefers jeweils ein kieferorthopädisches Element 12 und 12' umfasst, die sich an die Innenseiten der Backenzähne anschmiegen und der Kontur der Zähne folgen. Um den hintersten Backenzahn sind die kieferorthopädischen Elemente 12 und 12' mit Halteelementen 13 und 13' versehen, die beinahe vollständig um den Zahn verlaufen und auf diesem passgenau aufliegen. Weiter weist das Apparaturmodell 11 ein Verstellelement 14 in Form einer Dehnschraube auf.

[0031] Das Verstellelement 14 ist durch drahtförmige Verbindungselemente 15 mit den kieferorthopädischen Elementen 12 und 12' verbunden. Das Verstellelement 14 liegt als vorgefertigtes Bauteil vor, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. Von dem Bauteil wurde eine graphische Abbildung gemacht und die daraus gewonnenen Bilddaten wurden in den Datensatz für das Apparaturmodell integriert. Bei der Herstellung der kieferorthopädischen Apparatur 10 mit dem erfindungsgemässen Verfahren, wird das Bauteil für die Versteilschraube während des additiven Fertigungsprozesses in diesen Prozess mit einbezogen. Hierfür wird das Bauteil an der vorgesehenen Position gelagert und der schichtweise Aufbau der Apparatur erfolgt um das Bauteil, wobei Fertigungsmaterial auch mit dem Bauteil verbunden mit diesem verhärtet wird.

[0032] Fig. 5 zeigt die fertige kieferorthopädische Apparatur 10. In Fig. 5 sind die Auflageflächen 16 und 16' der kieferorthopädischen Elemente 12 und 12' und der Halteelemente 13 und 13' ersichtlich, mit welchen die Apparatur 10 auf den Zähnen eines Patienten aufliegt. Es ist klar zu erkennen, dass das Profil der Auflageflächen 16 und 16' der Kontur der Zähne entspricht, wie sie durch das Kiefermodell erfasst wurde.

[0033] Die Ausführungsform der kieferorthopädischen Apparatur gemäss den Fig. 4 und 5 zeigt eine Apparatur, die gemäss dem Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur nach der vorliegenden Erfindung gefertigt ist. Anstelle das Verstellelement 14 als vorgefertigtes Bauteil in die Apparatur zu integrieren, kann gemäss der Erfindung das Verstellelement durch das additive Fertigungsverfahren gleichzeitig mit den kieferorthopädischen Element 12 und 12' und den Verbindungselementen 15 gefertigt werden. Die auf diese Weise hergestellte kieferorthopädische Apparatur ist einstückig ausgebildet. Alle Elemente der Apparatur sind im selben Arbeitsschritt produziert. Dennoch ist es denkbar, z.B. die Versteilschraube aus einem anderen Fertigungsmaterial als die kieferorthopädischen Elemente zu fertigen.

Patentansprüche

1. Kieferorthopädische Apparatur mit wenigstens einem kieferorthopädisch wirksamen Element (4; 12) und wenigstens einem Halteelement (5; 13) zum Halten der Apparatur (1; 10) am Kiefer, dadurch gekennzeichnet, dass die Apparatur

- (1; 10) einstückig ausgebildet ist, wobei das wenigstens eine kieferorthopädische Element (4; 12) und das wenigstens eine Halteelement (5; 13) unmittelbar ineinander übergehen.
2. Kieferorthopädische Apparatur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der kieferorthopädischen Elemente ein drahtförmiges Element (4) ist, das sich über mehrere Zähne erstreckt und an die Kontur der Zähne angeformt ist.
 3. Kieferorthopädische Apparatur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der kieferorthopädischen Elemente ein Verstellelement (14) zur Einstellung der Apparatur ist.
 4. Kieferorthopädische Apparatur nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Halteelement (5; 13) derart ausgebildet ist, dass es einen Zahn zumindest teilweise umgibt und an diesen angeformt ist.
 5. Verfahren zur Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend folgende Schritte:
 - Erstellen eines elektronischen Datensatzes für ein dreidimensionales Modell (2) eines Kiefers, an dem die Apparatur angebracht werden soll,
 - virtuelles Positionieren eines oder mehrerer kieferorthopädischer Elemente (4; 12) der Apparatur am Kiefermodell (2),
 - Erstellen eines elektronischen Datensatzes eines dreidimensionalen Modells (3; 11) der Apparatur, und
 - Fertigen der Apparatur (1; 10) durch ein additives und/oder abtragendes Fertigungsverfahren gemäss dem Datensatz des Apparaturmodells.
 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere kieferorthopädische Elemente (4; 12) der Apparatur unabhängig voneinander positioniert und zu einem Apparaturmodell (3; 11) zusammengefügt werden.
 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere vordimensionierte oder vorgefertigte Bauelemente (14) virtuell relativ zu den kieferorthopädischen Elementen (4; 12) positioniert und in den elektronischen Datensatz für das Apparaturmodell (3; 11) aufgenommen werden.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass nach Erstellung der Apparatur weitere Elemente durch ein additives Fertigungsverfahren hinzugefügt und/oder bestehende Elemente oder Teile von Elementen durch ein abtragendes Fertigungsverfahren entfernt werden.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass beim Fertigen der Apparatur die Apparatur derart ausgerichtet ist, dass bei einem Aushärten aufeinanderfolgender Materialschichten des additiven Fertigungsverfahrens entstehende Hitze von bereits gefertigten Anteilen der Apparatur abgeschirmt oder abgeleitet wird.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem additiven Fertigungsverfahren zur Fertigung der Apparatur unterschiedliche Materialien für unterschiedliche Elemente verwendet und aneinandergesetzt werden.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass beim virtuellen Positionieren kieferorthopädischer Elemente (4; 12) diese Elemente am Kiefermodell (2) angeformt werden.

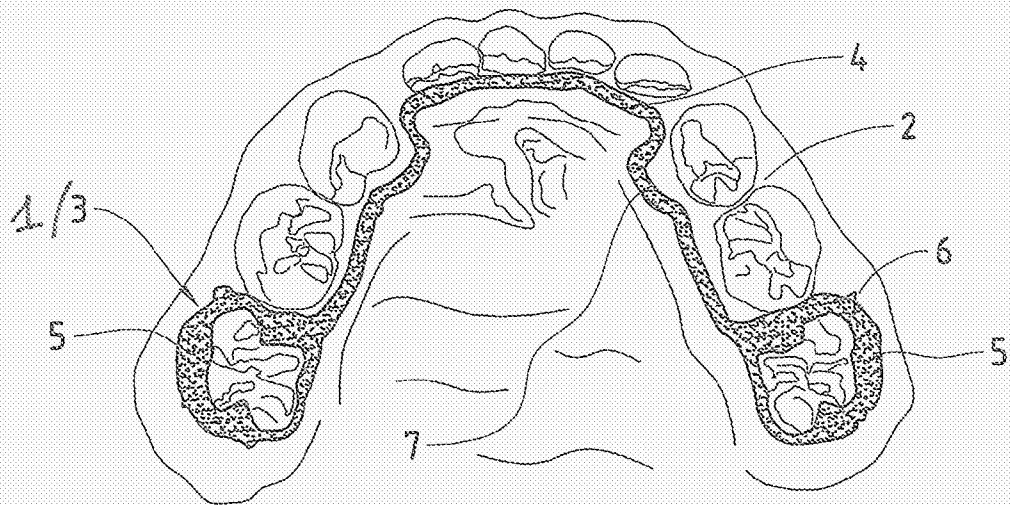


FIG. 1

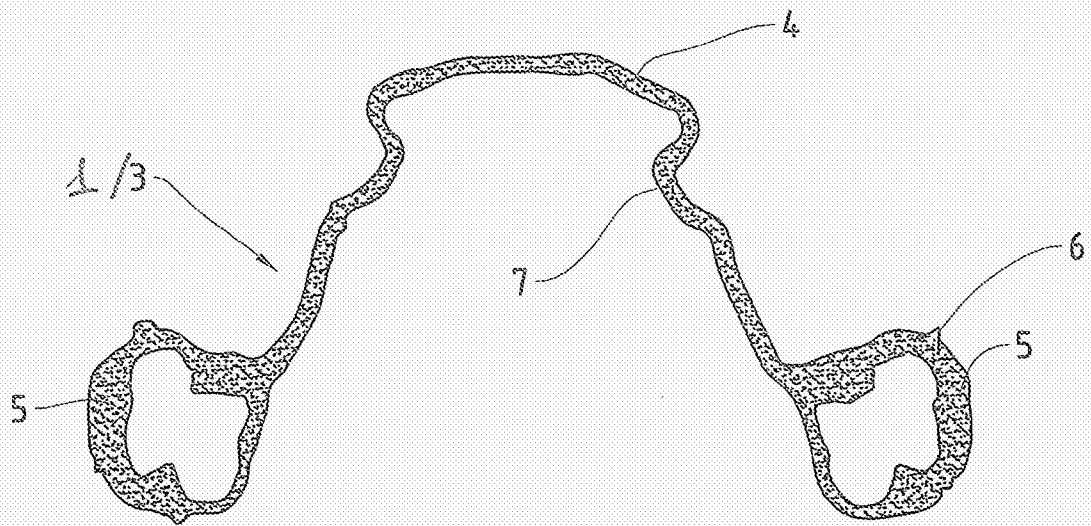


FIG. 2

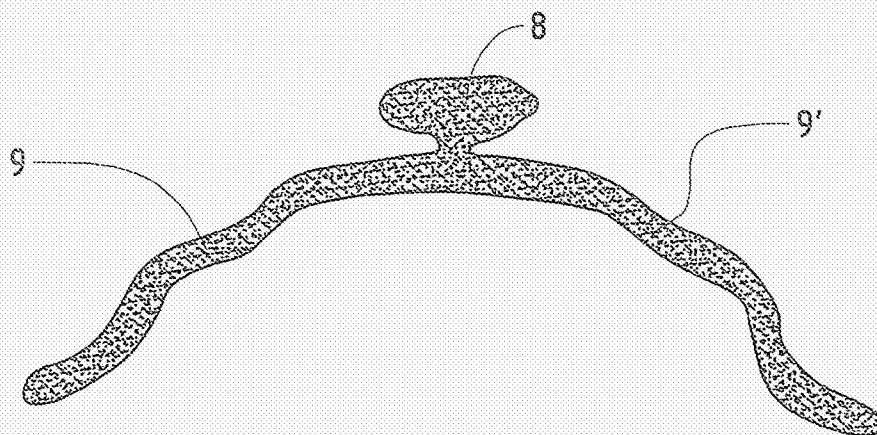


FIG. 3

