

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 567**

51 Int. Cl.:

**A61C 13/00** (2006.01)

**A61C 9/00** (2006.01)

**G06K 9/03** (2006.01)

**G06T 7/30** (2007.01)

**G06T 19/20** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2017 E 17151445 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 3195826**

54 Título: **Método para fabricar un modelo de dentadura digital**

30 Prioridad:

**14.01.2016 AT 102016**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**06.05.2019**

73 Titular/es:

**STEGER, HEINRICH (100.0%)  
Giuseppe-Verdi-Strasse 18  
39031 Bruneck, IT**

72 Inventor/es:

**STEGER, HEINRICH**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 711 567 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método para fabricar un modelo de dentadura digital

5 La invención se refiere a un método para producir un modelo de dentadura digital, con los pasos registro digital de datos de imagen que representan al menos una sección de superficie de un diente o dentadura, producir al menos un modelo de superficie a partir de los datos de imagen, producir un modelo de referencia a partir de datos de posición registrados digitalmente de una dentadura y fusión computacional del al menos un modelo de superficie con el modelo de referencia dando lugar al modelo de dentadura digital. La invención se refiere además de ello a un  
10 dispositivo para producir un modelo de dentadura digital mediante la realización de un método de este tipo con un primer dispositivo de registro para registrar datos de imagen, los cuales representan al menos una sección de superficie de un diente o dentadura, un computador, el cual produce a partir de los datos de imagen del dispositivo de detección un modelo de superficie, y un segundo dispositivo de registro para registrar digitalmente datos de posición de una dentadura, pudiendo producirse mediante el computador a partir de los datos de posición un modelo de referencia, pudiendo fusionar el computador el modelo de superficie y el modelo de referencia dando lugar al modelo de dentadura digital.

Un método parecido se desprende del documento AT 516 002 A1. En este caso están previstos sobre todo los pasos escaneado intraoral, fabricación de una impresión negativa, escaneado de la impresión negativa y fusión computacional dando lugar a un modelo de dentadura digital.

Del documento DE 10 2009 044 147 A1 se desprende un método para la producción de un modelo de datos digital. Se indica especialmente que para la fijación de la posición en el sistema de coordenadas se compara la geometría del modelo de datos del maxilar superior digital con la geometría del modelo de datos de impresión digital mediante un método de emparejamiento, para alinear de esta manera el modelo de datos de maxilar superior digital en analogía con el paciente, es decir, en la posición correcta en el sistema de coordenadas. Se trata en este caso por lo tanto de un modo de proceder asistido por computador. Los métodos de emparejamiento adecuados se conocen en el estado de la técnica. Éstos pueden basarse por ejemplo en un algoritmo ICP (*Iterative Closest Point*, iterativo del punto más cercano). Este algoritmo permite en términos generales adaptar entre sí nubes de puntos, en cuanto que se determinan transformaciones de coordenadas, de manera que se minimizan las separaciones entre las nubes de puntos.

También del documento DE 10 2008 040 947 B4 se desprende un método de emparejamiento. En este caso se indica en detalle que a partir de informaciones de imagen del sensor de imagen se calcula la posición espacial de estos puntos. Como método de emparejamiento para la fusión de varias imágenes en un sistema de coordenadas común sirven métodos, en los cuales se disponen marcadores en forma de punto sobre el objeto a medir como puntos coincidentes de las diferentes imágenes y las diferentes imágenes se superponen mediante estos marcadores o las diferentes imágenes pueden superponerse mediante propiedades características del objeto a medir, como elevaciones, cavidades o formas características. En este caso para la superposición de imágenes espaciales es suficiente la detección de tres marcadores en forma de punto o de tres propiedades características coincidentes del objeto a medir.

También en el documento DE 10 2010 023 406 A1 se remite a un emparejamiento o unión, siendo importantes sobre todo los pasos de detección óptica de al menos dos imágenes individuales de una zona de diente y/o de maxilar desde diferentes ángulos visuales, cálculo de una cantidad de datos de coordenadas y cálculo de datos geométricos.

Un método para la producción de piezas de prótesis dental o restauraciones dentales mediante el uso de representaciones dentales electrónicas se desprende del documento WO 2004/044787 A2. En este caso se entra en detalle entre otras, en una rutina de emparejamiento mediante minimización de la función de error de separación. Se indica además de ello que puede producirse de manera relativamente sencilla, por ejemplo mediante una cámara intraoral o una cámara fotográfica, esta imagen o conjuntos de datos en el paciente.

La invención se refiere además de ello a un método o a un dispositivo, en cuyo caso se produce la fusión computacional mediante un registro de imágenes. Se desprenden ejemplos generales de posibilidades de uso del registro de imágenes de los documentos WO 2014/027024 A2, DE 10 2005 040 738 A1 y WO 2014/139078.

La tarea de la presente invención consiste por lo tanto en lograr un método alternativo o mejorado y un dispositivo alternativo o mejorado.

60 Esto se soluciona mediante un método con las características de la reivindicación 1. Según ésta está previsto según la invención que antes de o durante la fusión computacional se produzca una segmentación de los datos de posición, los cuales se presentan preferentemente como conjunto de puntos, del modelo de referencia de los dientes del maxilar inferior o del maxilar superior, en datos no modificables, específicos de posición dental y en datos modificables, específicos de superficie. Esta segmentación o división puede ser llevada a cabo por un usuario mediante un ordenador de forma manual. Pueden fijarse no obstante también mediante un dispositivo de detección

los datos específicos de posición dental y los datos específicos de superficie. En la fusión computacional mediante el registro de imágenes pueden cambiar entonces solo los datos específicos de superficie del modelo de referencia y los datos de imagen del modelo de superficie. De esta manera se superponen por lo tanto los datos de imagen al modelo de referencia. El modelo de referencia se “despieza” por lo tanto durante la o antes de la fusión computacional hasta tal punto que de éste principalmente queda la posición de los dientes entre sí. Todos los detalles referentes a la superficie de los dientes se extraen de los datos de imagen, con los cuales se completa por así decirlo el modelo de referencia dando lugar al modelo de dentadura digital. En el modelo de referencia quedan por lo tanto sin modificar solo los datos referentes a la posición de los dientes entre sí, el resto de los datos quedan solapados o adaptados o distorsionados por los datos de imagen del modelo de superficie.

Un registro de imagen es un proceso para el procesamiento de imagen digital, haciéndose coincidir entre sí al menos dos imágenes o modelos. En particular se fija una de las imágenes como imagen de referencia (modelo de referencia), la al menos otra imagen se denomina imagen de objeto (modelo de superficie). Para adaptar el modelo de superficie de manera ideal al modelo de referencia, se calcula al menos parcialmente una transformación compensatoria de los modelos entre sí. El modelo de referencia y el modelo de superficie representan en forma digital las mismas zonas de un diente o dentadura. Expresado de otra manera, el modelo de referencia y el modelo de superficie comprenden al menos zonas parciales comparables del mismo diente, de los mismos dientes o de la misma dentadura. Esto significa que el modelo de referencia presenta, de manera preferente siempre, una zona comparable a la al menos una imagen de objeto, mediante la cual puede producirse entonces la alineación de la imagen de objeto con modelo de referencia. De esta manera es posible también una ecualización. No se comparan entre sí, tal como en el estado de la técnica, varias imágenes de objeto y se fusionan dando lugar a un modelo de dentadura, sino que las imágenes individuales del modelo de superficie se alinean mediante el modelo de referencia y eventualmente se ecualizan. Una adaptación de imágenes de objeto entre sí puede producirse opcionalmente de forma adicional.

Como ejemplo de un registro de imagen no conforme al orden, es decir, no usada a la hora de la producción de modelos de dentadura digitales, puede remitirse al documento WO 2014/008613 A1, en el cual se lleva a cabo un registro de imagen de un primer modelo de ordenador 3D gráfico con un segundo modelo de imagen 2D o 3D gráfico.

En las reivindicaciones secundarias se indican ejemplos de realización preferente del método.

El modelo de dentadura digital producido en el método puede reproducir básicamente una dentadura completa con 28 dientes (o 32 dientes con muelas del juicio). Para la presente invención no ha de entenderse sin embargo con un modelo de dentadura digital obligatoriamente una dentadura completa. Más bien un modelo de dentadura digital de este tipo puede representar también solo una parte de una dentadura. Un modelo de dentadura digital de este tipo debería representar al menos dos dientes, preferentemente al menos cuatro dientes, y su disposición entre sí.

Sobre todo en la tecnología dental se dan debido a muchas veces zonas de mal acceso de la dentadura, debido a movimientos y sobre todo debido a la forma fuertemente curvada de la dentadura, muchas veces distorsiones en los datos de imagen, debido a lo cual la sección de superficie representada por los datos de imagen al menos parcialmente no coincide con la situación dental o de dentadura real. Por esta razón está previsto de manera preferente en la presente invención que los datos de imagen del al menos un modelo de superficie durante la fusión computacional, en dependencia del modelo de dentadura de referencia, se modifiquen al menos parcialmente, preferentemente se ecualicen. Esto quiere decir que los datos de imagen del modelo de superficie no solo se unen espacialmente con el modelo de referencia de tal manera que la orientación y la disposición coincidan en un sistema de coordenadas común, sino que se produce una modificación o ecualización concreta de los datos de imagen. Debido a ello cambia al menos parcialmente la forma de la superficie de la sección de superficie representada por los datos de imagen. Expresado de otra manera: cuando los datos de imagen representan una cantidad de puntos en un espacio tridimensional, entonces cambia la posición de al menos algunos puntos del conjunto de puntos en relación con los otros puntos (sin modificar) del conjunto de puntos.

Un problema en los datos de imagen de varios dientes de una dentadura consiste sobre todo en que durante la detección, bien es cierto que se representa con bastante exactitud la forma de la superficie de los dientes individuales, pero debido a la curvatura de la dentadura o de los dientes no dispuestos sobre una línea, se distorsiona la disposición relativa de los dientes entre sí. Esto puede deberse de manera alternativa o adicional también a las separaciones relativamente grandes entre los molares y/o a puntos de referencia faltantes para el cómputo. Por esta razón está previsto en un ejemplo de realización preferente de la presente invención que el modelo de superficie del diente o de la dentadura represente al menos una sección de diente y al menos un espacio interdental, modificándose al menos parcialmente durante la fusión computacional mediante registro de imagen los datos de imagen que representan el al menos un espacio interdental en dependencia del modelo de referencia, preferentemente ecualizándose. De esta manera no se modifica apenas o se hace de manera insignificante, la parte detallada del conjunto de datos de imagen, que representa la sección de diente, mientras que el espacio interdental (que se corresponde con un espacio hueco o con encía) se adapta de manera correspondiente en dependencia del modelo de referencia.

En un ejemplo de realización puede estar previsto que solo cambien los datos de imagen que representan el al menos un espacio interdental, del modelo de superficie. De manera alternativa puede estar previsto no obstante también en dependencia del grosor o del lugar de la distorsión, que pueda modificarse como mucho un 20 %, de manera preferente como mucho un 10 %, de los datos de imagen de la al menos una sección de diente en el registro de imagen. Expresado a la inversa, puede estar previsto por lo tanto que los datos de imagen de la al menos una sección de diente del modelo de superficie se mantengan sin modificar durante la fusión computacional mediante registro de imagen en al menos un 80 %, preferentemente en al menos un 90 %. En dependencia del caso de uso estos valores también pueden variar.

Para evitar ecualizaciones demasiado acentuadas de los espacios interdentes está previsto de manera preferente que la sección de diente presente al menos una zona de borde que limite con el espacio interdental, presentando esta al menos una zona de borde una anchura de como máximo un 10 % de la anchura total máxima de la sección de diente y modificándose, preferentemente solo los datos de imagen de la al menos una zona de borde de la sección de diente al fusionarse computacionalmente mediante registro de imagen al menos parcialmente, de manera preferente ecualizándose. De esta manera se ecualizan los espacios interdentes y las zonas de borde adyacentes en dependencia del modelo de referencia, mientras que la mayor parte de los datos de imagen (detallados) de la sección de diente permanecen iguales. Debido a ello se garantiza por un lado un posicionamiento exacto de los dientes entre sí mediante el modelo de referencia y por otro lado una reproducción lo más exacta posible de la forma de superficie del diente mediante el modelo de superficie (no o apenas modificado).

La diferenciación entre sección de diente y espacio interdental puede producirse por ejemplo por parte de un técnico, el cual fija o marca las zonas en un modelo de superficie representado en una pantalla. De manera preferente esto es solucionado sin embargo por el computador mismo a través de un dispositivo de detección, el cual será descrito más adelante.

La detección digital de datos de imagen de la al menos una sección de superficie puede producirse por ejemplo mediante una o varias grabaciones, por ejemplo en forma de fotos. Esta detección digital no ha de producirse tampoco directamente en la boca, sino que una impresión (lo más detallada posible) puede conformar la base para la detección de estos datos de imagen. De manera preferente está previsto sin embargo que la detección digital de datos de imagen de la al menos una sección de superficie del al menos un diente o dentadura se lleve a cabo mediante escaneado intraoral en el paciente con un dispositivo de escaneo móvil, el cual puede guiarse manualmente. Pueden usarse también otros aparatos para la detección de la forma de superficie, como por ejemplo, un escáner de luz de barrido estacionario, que se usa para el registro de modelos de dentadura.

En lo referente al modelo de referencia está previsto según la invención que el modelo de referencia se produzca a partir de datos de posición registrados digitalmente de una dentadura. Son importantes por lo tanto sobre todo los datos de posición de la dentadura en un sistema de coordenadas, los detalles de la superficie son por el contrario secundarios o menos decisivos. Estos datos de posición pueden basarse no obstante también, tal como en el caso del modelo de superficie, en datos de imagen. Para ello puede estar previsto que los datos de posición tengan una resolución menor que los datos de imagen. En particular la resolución de los datos de imagen puede ser el doble de alta, preferentemente cinco veces la resolución de los datos de posición.

De manera preferente está previsto que los datos de posición representen la posición de varios dientes de un maxilar superior o de un maxilar inferior entre sí. De manera particularmente preferente está previsto que los datos de posición del modelo de referencia sean inalterables. Expresado de otra forma, la posición de los datos entre sí es en el modelo de referencia y en el modelo de dentadura digital, idéntica. Esto quiere decir que los datos de imagen se adaptan al modelo de referencia.

En el modelo de referencia es válido también, al igual que en el caso del modelo de superficie, que los datos de posición de detecten o se calculen basándose en una o varias imágenes (por ejemplo, fotos). Esto puede producirse directamente en la boca. De manera preferente están previstas dos variantes alternativas (o que se complementan): la detección digital de los datos de posición de la dentadura puede producirse o bien mediante escaneado de una impresión negativa mecánica de la dentadura, que se produce mediante presión de al menos las puntas de la dentadura en una masa conformable, o basándose en imágenes o fotos bi o tridimensionales de la dentadura.

Pueden usarse también otros métodos conocidos por el protésico dental, como el escaneado de un modelo en positivo. Son concebibles por ejemplo no solo métodos ópticos para la producción de un modelo de referencia digital. Es posible más bien también un método mecánico o de palpado. Para ello puede morderse sobre una placa, sobre la cual se encuentran barritas dispuestas unas junto a otras en dirección de mordida y de disposición móvil, cuya modificación de posición se registra. De esta manera puede producirse mediante puntos un modelo de referencia. De manera alternativa puede estar prevista también una plantilla de mordida con un grosor de por ejemplo, 5 mm, la cual consiste en un material blando. Tan pronto como se muerde sobre la plantilla se registra la deformación del material por ejemplo mediante sensores de tensión y se calcula de esta manera por su parte el modelo de referencia R.

Los datos de imagen están memorizados en un archivo de imagen. Un archivo de imagen es una forma de memorizar electrónicamente datos codificados de manera binaria. El contenido del archivo de imagen se calculó o bien digitalmente (por ejemplo una imagen calculada) o se digitalizó mediante conversión analógico-digital y por esta razón no puede ni detectarse como imagen ni leerse como texto directamente por parte del observador humano.

5 Para la visualización se requiere un dispositivo que reconvierta el contenido de nuevo en datos analógicos (la llamada conversión digital-analógica). Un dispositivo de este tipo es por ejemplo un ordenador o computador, que con la ayuda de un software de observación de imagen puede visualizar la imagen en una pantalla.

10 En dependencia de la forma en la que se generaron los datos de imagen (o datos de posición), puede derivarse de ello un modelo de superficie o modelo de referencia bidimensional o tridimensional. De manera preferente el modelo de superficie, como también el modelo de referencia, son tridimensionales. En particular está previsto de esta manera que el modelo de referencia y el modelo de superficie se presenten correspondientemente como conjunto de puntos en un sistema de coordenadas tridimensional.

15 Para lograr una simplificación del registro de imágenes puede estar previsto que en la fusión computacional el modelo de superficie se disponga mediante marcadores sobre el modelo de referencia. En un caso de uso preferente éstos se disponen en la boca del paciente y se detectan durante el registro de los datos de referencia y/o de los datos de superficie.

20 Está previsto además de ello que el modelo de superficie presente al menos dos dientes diferentes, fusionándose computacionalmente estos al menos dos dientes durante el registro de imagen, preferentemente de manera interdependiente entre sí, con el modelo de referencia. Expresado de otra manera, a partir de los datos de imagen pueden producirse al menos dos modelos de superficie diferentes, los cuales representan respectivamente en esencial un diente, fusionándose computacionalmente estos al menos dos modelos de superficie durante el registro de imagen, de manera preferente independientemente entre sí, con el modelo de referencia. De esta manera el modelo de superficie no ha de formar un modelo único interrelacionado. Más bien una pluralidad de modelos de superficie puede representar correspondientemente un diente, que entonces durante la fusión computacional se "superpone" sobre el modelo de referencia, debido a lo cual el modelo de dentadura digital por así decirlo se fusiona a partir de una pluralidad de dientes modelo basándose en el modelo de referencia.

30 La tarea de lograr un dispositivo alternativo o mejorado se soluciona mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 13. Según ésta está previsto que el computador presente un dispositivo de registro de imagen o esté unido mediante tecnología de señales con éste, fusionando mediante el dispositivo de registro de imagen el computador el modelo de superficie y el modelo de referencia dando lugar al modelo de dentadura digital, pudiendo llevar a cabo el computador antes de o durante la fusión computacional una segmentación de los datos de posición del modelo de referencia de los dientes en datos específicos de posición de diente no modificables y en datos específicos de superficie modificables. El dispositivo de registro de imagen es una herramienta de software y puede ser ejecutado por el computador.

35 Está previsto además de ello que sea posible básicamente no obstante también, que con el primer dispositivo de detección se detecten también los datos de posición para el modelo de referencia.

40 Tal como ya se ha mencionado, sería posible básicamente que un técnico fijase a través de un software adecuado, qué zonas del modelo de superficie son las secciones de diente y cuales los espacios entre dientes. De manera preferente está previsto sin embargo que el dispositivo presente un dispositivo de detección (por ejemplo en forma de una herramienta de software ejecutable en el computador), a través del cual los datos de imagen del modelo de superficie puedan dividirse automáticamente en datos de imagen que representen al menos una sección de diente y al menos un espacio interdental. Esta división automática puede producirse mediante informaciones de color. El dispositivo de detección puede por ejemplo detectar y fijar basándose en diferencias de color o de sombreado en los datos de imagen, en qué lugar se encuentra una sección de diente y un espacio interdental. La asignación puede producirse no obstante también mediante la forma del diente, dado que la forma de los dientes es similar y de esta manera el dispositivo de detección (software) puede detectar dientes individuales a partir de una agrupación y de esta manera también definir zonas de borde. En lo referente a los espacios interdentes cabe decir que éstos basándose en la imagen aún no existen, dado que en la realidad no existe una unión directa entre los dientes (a excepción de contacto directo o de encía entre ellos). Entonces se provee el hueco entre los dientes de una unión, de manera que se establece una unión entre dos dientes. Esto puede ser realizado por el técnico a través del software o se produce de manera automática a través del software.

45 Está previsto de manera preferente además de ello en el caso del dispositivo para producir el modelo de dentadura digital, que a través del dispositivo de registro de imagen durante la fusión del modelo de superficie con el modelo de referencia, preferentemente solo sean modificables al menos parcialmente los datos de imagen que representan el al menos un espacio interdental en dependencia del modelo de referencia, preferentemente ecualizables. De manera preferente solo son modificables los datos de imagen que representan al menos un espacio interdental.

60 También en el caso del dispositivo está previsto de manera preferente que la sección de diente de los datos de imagen del modelo de superficie presente al menos una zona de borde que limite con el espacio interdental y que

ésta al menos una zona de borde presente una anchura de como máximo un 10 % de la anchura total de la sección de diente, siendo mediante el dispositivo de registro de imagen, al fusionarse el modelo de superficie con el modelo de referencia, modificables al menos de manera parcial preferentemente solo los datos de imagen de la al menos una zona de borde de la sección de diente, preferentemente eualizables. El resto mantiene su geometría y se modifica solo en su posición. La fijación de la o de las zonas de borde puede producirse también a través del dispositivo de detección, el cual fija por ejemplo de manera automática a partir de la base de los espacios interdentes detectados o fijados, las zonas de borde.

Otros detalles y ventajas de la presente invención se explican a continuación con mayor detalle mediante la descripción de las figuras haciendo referencia a los ejemplos de realización representados en los dibujos. En éstos muestran:

La Fig. 1, de forma esquemática, el método para producir un modelo de dentadura digital,  
 la Fig. 2, de forma esquemática, el modelo de referencia,  
 la Fig. 3, de forma esquemática, el modelo de superficie y  
 la Fig. 4, de forma esquemática, el modelo de dentadura digital eualizado.

En la Fig. 1 se representa esquemáticamente el desarrollo de método de una forma de realización ventajosa de un método para producir un modelo de dentadura digital G, representándose también al menos esquemáticamente los componentes esenciales del dispositivo para producir el modelo de dentadura digital G.

En este caso se registra a través de un primer dispositivo de registro 1 (por ejemplo, a través de un dispositivo de escaneo móvil 1a) en la boca de un paciente (o en un modelo) una sección de superficie de al menos un diente Z o de una dentadura S. Los datos de imagen  $D_B$  obtenidos en este caso representan la correspondiente sección de superficie (registrada o escaneada). Estos datos de imagen  $D_B$  pueden memorizarse en el primer dispositivo de detección 1. De manera preferente los datos de imagen  $D_B$  se transmiten mediante tecnología de señales a un computador 3. Este computador 3 puede presentar una memoria 6, en la cual se memorizan los datos de imagen  $D_B$ . A partir de los datos  $D_B$  se produce a través de un correspondiente programa en el computador 3 un modelo de superficie O, preferentemente tridimensional, visualizable, de los dientes Z. En la Fig. 1 se ilustra la tridimensionalidad del modelo de superficie O a través de los tres ejes principales representados de un sistema de coordenadas.

Antes, simultáneamente o a continuación, se fotografía o escanea al menos parcialmente a través de un segundo dispositivo de registro 2 (por ejemplo, una cámara digital) una dentadura S. En este caso se obtienen datos de posición  $D_P$ , los cuales representan al menos la posición de dos dientes Z en la dentadura S entre sí. Estos datos de posición  $D_P$  pueden derivarse de los datos de imagen obtenidos por el segundo dispositivo de registro 2. Pueden calcularse no obstante también a partir de una o varias fotos F de la dentadura S. Los datos de posición  $D_P$  pueden memorizarse directamente en el segundo dispositivo de registro 2. De manera preferente se transmiten los datos de posición  $D_P$  mediante tecnología de señales al computador 3 y pueden memorizarse allí en una memoria 6. A partir de los datos de posición  $D_P$  se produce a través de un correspondiente programa en el computador 3 un modelo de referencia R, preferentemente tridimensional, visualizable, de la dentadura S.

Básicamente se indica a este respecto que los datos de imagen  $D_B$  y los datos de posición  $D_P$  pueden presentarse en el mismo formato digital y de esta manera no han de presentar en este sentido diferencias entre sí. Es esencial no obstante que los datos de imagen  $D_B$  representen una sección de superficie de al menos un diente Z, mientras que los datos de posición  $D_P$  representan la posición de al menos dos dientes Z, preferentemente de al menos cuatro dientes Z, de manera particularmente preferente de al menos seis dientes Z, entre sí. De manera preferente está previsto en este caso que los datos de imagen  $D_B$  presenten un grado de detalle mayor (incluida una mayor resolución) que los datos de posición  $D_P$ .

A continuación se produce el paso de la fusión computacional del al menos un modelo de superficie O con el modelo de referencia R a través de un registro de imagen del modelo de dentadura digital G. Esto se lleva a cabo mediante un dispositivo de registro de imagen 4, que es parte del computador 3 o está conectado mediante tecnología de señales con el computador 3. Expresado en términos generales durante el registro de imagen se fusionan entre sí los datos de imagen  $D_B$  y los datos de posición  $D_P$ , lo cual puede representarse para ser concebido visualmente por un técnico por ejemplo a través de una pantalla 7 (incluido teclado 8). En concreto se adapta el modelo de superficie O (detallado) al modelo de referencia R (menos detallado). Para llevar a cabo esta adaptación de la manera más precisa posible y de forma automática, el modelo de superficie O y/o el modelo de superficie R pueden segmentarse a través de un dispositivo de detección 5 (representado a rayas) en al menos una sección diente  $Z_A$  y al menos un espacio interdental  $Z_Z$ . Esto se explicará con mayor detalle mediante las Figs. 2 a 4.

En la Fig. 2 se representa el modelo de referencia R de una dentadura S con (en este caso) cuatro dientes Z. Esto puede visualizarse prácticamente tal como se representa en una pantalla 7. Este modelo de referencia R se basa en datos de posición  $D_P$  de una dentadura S registrados anteriormente. La posición de los dientes Z entre sí se corresponde en este modelo de referencia R esencialmente con aquella en la dentadura S real. La forma de superficie exacta de los dientes individuales Z no es fundamental en este modelo de referencia R (debido a lo cual

los dientes Z se representan como superficie blanca. La forma de superficie en bruto del modelo de referencia R es sin embargo, muy importante y decisiva, dado que también a través de esta forma de superficie o a través de su alcance, se define la posición en la cual se lleva a cabo entonces el registro de imagen. Solo es de menor importancia la profundidad en detalle de este modelo de referencia R. De esta manera no han de indicarse por ejemplo rebajes. También la resolución puede ser menor.

En la Fig. 3 se representa por el contrario el modelo de superficie O, en el cual se reproduce la forma de superficie de los mismos cuatro dientes Z de manera esencialmente más detallada (lo cual se indica mediante el sombreado). Al registrarse la sección de superficie de los dientes Z o de la dentadura S para la producción del modelo de superficie O ocurre a menudo que la posición de los dientes Z entre sí se distorsiona. Esto se ilustra en cuanto que en la Fig. 2 puede reconocerse la posición "correcta" de los dientes Z entre sí en forma del modelo de referencia R representado a rayas.

Para fundir computacionalmente ahora el modelo de superficie O y el modelo de referencia R, un técnico segmenta en primer lugar, o preferentemente a través de un dispositivo de detección 5, el modelo de superficie O en secciones de diente  $Z_A$  y en espacios interdentes  $Z_Z$ . Éstos pueden verse bien en la Fig. 3.

A continuación se adaptan mediante el dispositivo de registro de imagen 4 según la Fig. 4 sobre todo las secciones de diente  $Z_A$  del modelo de superficie O esencialmente sin modificación en el modelo de referencia R. En el caso de esta adaptación se modifican o se ecualizan computacionalmente de tal manera los espacios interdentes  $Z_Z$ , que la posición de los dientes Z entre sí se corresponde con el modelo de referencia R y la forma de superficie de las secciones de diente  $Z_A$  se mantiene esencialmente sin cambios con respecto al modelo de superficie O.

Sobre todo cuando son necesarias ecualizaciones mayores en la zona de los espacios interdentes  $Z_Z$ , pueden modificarse o ecualizarse adicionalmente (lo cual se ilustra también en la Fig. 4) también partes de las secciones de diente  $Z_A$ . Para ello se fija (por ejemplo, a través del dispositivo de detección 5) una zona de borde  $Z_R$  de la sección de diente  $Z_A$ , que limita directamente con el espacio interdental  $Z_Z$ . Esta zona de borde  $Z_R$  presenta una anchura  $B_R$ , la cual es como máximo de un 10 % la anchura total  $B_Z$  de la sección de diente  $Z_A$ . Durante la fusión computacional se modifica o se ecualiza entonces también esta al menos una zona de borde  $Z_R$  (con el espacio interdental  $Z_Z$  adyacente) en dependencia del modelo de referencia R. La zona restante de la sección de diente  $Z_A$  se mantiene con respecto al modelo de superficie O sin cambios.

De esta manera los espacios interdentes  $Z_Z$  virtuales reproducen en sentido figurado discos intervertebrales de una columna vertebral. Las vértebras de la columna vertebral (que se corresponden con las secciones de diente  $Z_A$ ) se posicionan durante la fusión computacional correctamente (en correspondencia con el modelo de referencia R), curvándose (se corresponde con la modificación computacional o ecualización) simultáneamente los discos intervertebrales (se corresponden con los espacios interdentes  $Z_Z$ ).

El modelo de dentadura digital G producido mediante el método según la invención forma como consecuencia de ello la base de partida para la producción, preferentemente fresado, de una pieza dental en una máquina de procesamiento CNC dental. La producción puede producirse no obstante también mediante otros métodos conocidos, ya sea un método constructivo como impresión en 3D, un método de colada u otros métodos de eliminación de material, como fresado, lijado, etc.

Dicho con otras palabras, el método puede describirse también de la siguiente manera:

en el caso del documento A 521/2014 mencionado inicialmente se lleva a cabo una comparación de datos 3D de una impresión negativa, que sirven como datos de calibración, con los datos 3D de un escaneo intraoral. Este escaneo intraoral presenta sin embargo habitualmente distorsiones, las cuales han de eliminarse con la ayuda de los datos de calibración.

En el caso de la presente invención puede fijarse ahora por ejemplo conforme a una foto F el modelo de referencia R. Con esta foto F se registra una zona grande de la boca, exactamente de los dientes Z. Esta foto puede presentarse en forma de datos 2D. En caso de computarse varias fotos F pueden resultar también datos 3D. El principal objetivo se encuentra en este caso siempre en que la mayor parte de los dientes Z se detecte en una imagen. Estos datos obtenidos sirven entonces como modelo de base no distorsionado (se corresponde en lo que al sentido se refiere siempre con el modelo de referencia R). Este modelo de referencia R puede, pero no tiene que basarse, en una impresión negativa de la dentadura S. Este modelo de referencia R comprende principalmente puntos de referencia individuales (datos de posición  $D_P$ ) y ningún detalle directo de los dientes Z, que tampoco son reproducidos por el modelo de superficie O, encontrándose estos puntos de referencia en posición correcta entre sí y no presentado distorsión.

En otro paso se producen entonces imágenes de los dientes Z o grupos de dientes con un correspondiente dispositivo (primer dispositivo de detección 1). De manera preferente se usa un dispositivo de escaneo móvil 1a (escáner intraoral), debido a lo cual se obtienen como resultado datos 3D (datos de imagen  $D_B$ ) de los dientes Z. En este caso se registra el diente individual (o los grupos de dientes) de la manera más precisa posible desde todos los

lados a través del dispositivo de registro 1 y se obtiene un escaneado en detalle (se corresponde en lo que al sentido se refiere siempre con el modelo de superficie O).

5 En un tercer paso se unen los escaneos en detalle de los dientes Z con el modelo de base de la dentadura S. De esta manera se logra que mediante la fusión de las al menos dos imágenes, por un lado del modelo de base, y del al menos un escaneo en detalle, resulte un modelo general libre de distorsión de la dentadura (modelo de dentadura digital G). En este caso pueden usarse dos variantes.

10 En el caso de la primera variante se escanean en detalle a través del escáner intraoral solo dientes Z individuales con o sin base de los dientes adyacentes. Éstos se emparejan entonces a través del modelo de base. Dado que el modelo de base (modelo de referencia R) comprende las informaciones necesarias sobre la posición y la orientación correctas de los dientes Z individuales, puede disponerse el escaneo en detalle (modelo de superficie O) del diente individual Z con un método de registro de imagen sobre el modelo de base 3D, de manera que se alcanza la desviación mínima entre las dos geometrías, y se encuentra de esta manera en la posición correcta en el maxilar y tiene además de ello la orientación correcta. Los dientes posicionados de esta manera pueden unirse entre sí entonces a través del software o manualmente. De esta manera puede producirse paso a paso entonces un modelo general (modelo de dentadura digital G) del maxilar, que comprende todos los detalles, los cuales son posibles basándose en una imagen óptica. En el caso de esta variante es posible también que en lugar de un modelo de base 3D se use simplemente un modelo de base 2D. A través de un correspondiente software y el algoritmo necesario para éste se alinean los dientes Z entonces entre sí, en cuanto que se fusionan puntos destacados de las fotos o del modelo de base con puntos destacados del escaneo en detalle.

25 En el caso de una segunda variante se registran no solo dientes individuales, sino zonas parciales completas del maxilar en un paso de registro con el escáner intraoral. Tal como en el caso de la variante anterior se disponen estos escaneos en detalle entonces de nuevo sobre el modelo de base con la ayuda del registro de imagen. Otra idea principal consiste ahora sin embargo en el caso de esta variante en que el escaneo en detalle, siempre y cuando presente distorsiones, no solo se adapta a través del software al modelo de base, sino que también se ecualiza. De manera simplificada esto puede imaginarse con una barra: la barra a escanear es en sección transversal exactamente cuadrada y no presenta curvatura ninguna. De ésta se produce una imagen (2D o 3D), que presenta la geometría sin distorsionar exacta, sin detalles precisos. Ahora se produce un escaneo en detalle de esta barra. Este escaneo, cuando se visualiza entonces tridimensionalmente, muestra que la barra está curvada, lo cual se debe a problemas en el cálculo o también a problemas en el registro óptico. Las zonas parciales individuales de la barra se mantienen aún en su mayor medida al margen de este tipo de distorsiones, dado que habitualmente aún quedan dentro de la ventana de registro de una detección de imagen. Pero a partir del momento en el cual entonces se computan varios de estos escaneados en detalle, pueden producirse errores. En caso de fusionarse ahora esta barra con el modelo de base de la barra, el software lleva a cabo automáticamente una ecualización y corrige la curvatura de la barra, de manera que como resultado se obtiene entonces un escaneado general, barra con detalles. Como puntos destacados podrían servir en este caso los puntos de esquina o también cantos de la barra, para llevar a cabo las adaptaciones. En el caso del uso de una foto (2D) debería tenerse en consideración la distorsión de perspectiva. Para controlar esto de mejor manera pueden usarse puntos o cuerpos de referencia, a través de los cuales el software tiene puntos de referencia adicionales. Éstos pueden fijarse por ejemplo en la boca del paciente (por ejemplo en forma de marcadores).

45 Sobre todo en relación con la ecualización puede describirse lo siguiente expresado de otra manera:

tal como ya se ha mencionado, una adaptación completa del escaneo en detalle (modelo de superficie O) al modelo de referencia R no es necesaria.

50 Por un lado, cuando el modelo de referencia R se basa en una foto 2D, puede partirse de que no pueden extraerse suficientes informaciones para adaptar directamente el escaneo en detalle y las nubes de puntos comprendidas en éste de los elementos de diente individuales, al escaneo de referencia. La nube de puntos de los elementos de diente se modifica entonces solo en su posición en el espacio como un todo, sin ecualizarse en sí.

55 Por otro lado puede ser el motivo principal en trabajos grandes que se produzca una ecualización (también en caso de datos de referencia 2D) para ecualizar la posición/colocación de los modelos de diente individuales entre sí. El escaneo en detalle tiene los datos exactos de los dientes Z individuales. Si se detectan sin embargo varios elementos de diente, éstos presentan entre sí un desvío de la posición en comparación con la realidad. Este desplazamiento ha de corregirse de tal manera que en una variante posible la nube de puntos registrada de los elementos de diente individuales, independientes, se congele, y solamente puedan modificarse las zonas intermedias (espacios interdentes  $Z_z$ ) y/o zonas de unión de los elementos de diente. Esta zona puede incluir también los datos de borde de los elementos de diente (zonas de borde  $Z_R$ ). De esta manera se produce durante el paso de ecualización una comparación del escaneo en detalle con el de referencia, en cuyo caso se colocan entonces los elementos de diente del escaneo en detalle de tal manera sobre el escaneo de referencia que estos dos conjuntos de datos presentan un desvío mínimo entre las nubes de puntos de los elementos de diente. En esta ecualización solo se modifican las zonas intermedias de los elementos de diente (espacios interdentes  $Z_z$  y/o zonas de borde  $Z_R$ ). Una ecualización de la nube de puntos de los elementos de diente mismos no sería

5 recomendable en este caso, dado que el escaneo de referencia solo presenta datos de posición generales, es decir, la manera en la cual se encuentran los dientes unos con respecto a los otros. En particular puede estar previsto por lo tanto que durante la ecualización el conjunto de puntos del modelo de referencia y el conjunto de puntos del modelo de superficie (sobre todo sus espacios interdientales  $Z_z$  y/o zonas de borde  $Z_R$ ) se comparen computacionalmente y en caso de existir un desvío de al menos un punto del conjunto de puntos del modelo de superficie con respecto al modelo de referencia, se produzca una adaptación de este al menos un punto, en cuanto que este al menos un punto se dispone computacionalmente en una posición en el sistema de coordenadas tridimensional, que se encuentra sobre una superficie, la cual se extiende al menos entre tres, los puntos más cercanos al punto que se desvía, del conjunto de puntos del modelo de referencia.

10

Lista de referencias

- 1 Primer dispositivo de registro
- 1a Dispositivo de escaneo móvil
- 2 Segundo dispositivo de registro
- 15 3 Computador
- 4 Dispositivo de registro de imagen
- 5 Dispositivo de detección
- 6 Memoria
- 7 Pantalla
- 20 8 Teclado
- G Modelo de dentadura
- D<sub>B</sub> Datos de imagen
- Z Diente
- S Dentadura
- 25 O Modelo de superficie
- R Modelo de referencia
- Z<sub>A</sub> Sección de diente
- Z<sub>z</sub> Espacio interdental
- Z<sub>R</sub> Zona de borde
- 30 B<sub>R</sub> Anchura (zona de borde)
- B<sub>Z</sub> Anchura total (sección de diente)
- D<sub>P</sub> Datos de posición
- F Foto

**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir un modelo de dentadura digital (G), con los pasos:

- 5           - registro digital de datos de imagen ( $D_B$ ) que representan al menos una sección de superficie de un diente (Z) o de una dentadura (S),
- producir al menos un modelo de superficie (O) a partir de los datos de imagen ( $D_B$ ),
- producir un modelo de referencia (R) a partir de datos de posición ( $D_P$ ) registrados digitalmente de la dentadura (S), y
- 10          - fusión computacional del al menos un modelo de superficie (O) con el modelo de referencia (R) dando lugar al modelo de dentadura digital (G),

produciéndose la fusión computacional mediante un registro de imagen, **caracterizado por que** antes o durante la fusión computacional se produce una segmentación de los datos de posición ( $D_P$ ) del modelo de referencia (R) de los dientes en datos específicos de posición de diente no modificables y en datos específicos de superficie modificables.

2. Método según la reivindicación 1, modificándose al menos parcialmente, de manera preferente ecualizándose, los datos de imagen ( $D_B$ ) del al menos un modelo de superficie (O) durante la fusión computacional en dependencia del modelo de referencia (R).

3. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, representando el modelo de superficie (O) del diente (Z) o de la dentadura (S) al menos una sección de diente ( $Z_A$ ) y al menos un espacio interdental ( $Z_Z$ ).

4. Método según la reivindicación 3, modificándose al menos parcialmente, de manera preferente ecualizándose, durante la fusión computacional mediante registro de imágenes, preferentemente solo los datos de imagen ( $D_B$ ) que representan el al menos un espacio interdental ( $Z_Z$ ) en dependencia del modelo de referencia (R).

5. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, llevándose a cabo el registro digital de datos de imagen ( $D_B$ ) de la al menos una sección de superficie del al menos un diente (Z) o dentadura (S) mediante escaneo intraoral en el paciente con un dispositivo de escaneo móvil (1a) que puede ser guiado manualmente.

6. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, representando los datos de posición ( $D_P$ ) la posición de al menos dos dientes (Z), preferentemente de al menos cuatro dientes (Z), de manera particularmente preferente de al menos seis dientes (Z), de un maxilar superior o de un maxilar inferior, entre sí, siendo la posición de los dientes (Z) entre sí no modificable durante la fusión computacional con respecto al modelo de dentadura digital (G).

7. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, produciéndose el registro digital de los datos de posición ( $D_P$ ) de la dentadura (S) o bien mediante escaneado de una impresión negativa mecánica de la dentadura (S), que se prepara mediante presión de al menos las puntas de la dentadura (S) sobre una masa deformable, o produciéndose conforme a una foto (F) bi o tridimensional de la dentadura (S).

8. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el registro de imagen se fusionan entre sí los datos de imagen ( $D_B$ ) y los datos de posición ( $D_P$ ).

9. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los datos específicos de superficie del modelo de referencia (R) pueden modificarse para poder ser completados con datos de imagen ( $D_B$ ) del modelo de superficie (O) o que son sobrescritos o ecualizados por los datos de imagen ( $D_B$ ) del modelo de superficie (O).

10. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, presentándose el modelo de referencia (R) y el modelo de superficie (O) correspondientemente como conjunto de puntos en un sistema de coordenadas tridimensional.

11. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, disponiéndose durante la fusión computacional el modelo de superficie (O) mediante marcadores sobre el modelo de referencia (R).

12. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, produciéndose a partir de datos de imagen ( $D_B$ ) al menos dos modelos de superficie (O) diferentes, los cuales representan respectivamente en esencial un diente (Z), fusionándose computacionalmente estos al menos dos modelos de superficie (O) durante el registro de imagen, preferentemente de manera independiente entre sí, con el modelo de referencia (R).

13. Dispositivo para producir un modelo de dentadura digital (G) llevándose a cabo un método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 12, con

a. un primer dispositivo de registro (1) para registrar datos de imagen ( $D_B$ ), los cuales representan al menos una sección de superficie de un diente (Z) o dentadura (S),

b. un computador (3), el cual produce a partir de los datos de imagen ( $D_B$ ) del primer dispositivo de registro (1) un modelo de superficie (O), y

5 c. un segundo dispositivo de registro (2) para registrar digitalmente datos de posición ( $D_P$ ) de la dentadura (S), pudiendo producirse mediante el computador (3) a partir de los datos de posición ( $D_P$ ) un modelo de referencia (R),

10 pudiendo fusionar el computador (3) el modelo de superficie (O) y el modelo de referencia (R) dando lugar al modelo de dentadura digital (G), presentando el computador (3) un dispositivo de registro de imagen (4) o estando conectado con éste mediante tecnología de señales, pudiendo fusionarse a través del dispositivo de registro de imágenes (4) del computador (3) el modelo de superficie (O) y el modelo de referencia (R) dando lugar al modelo de dentadura digital (G), **caracterizado por que** el computador (3) puede llevar a cabo antes o durante la fusión computacional una segmentación de los datos de posición ( $D_P$ ) del modelo de referencia

15 (R) de los dientes en datos específicos de posición de diente no modificables y en datos específicos de superficie modificables.

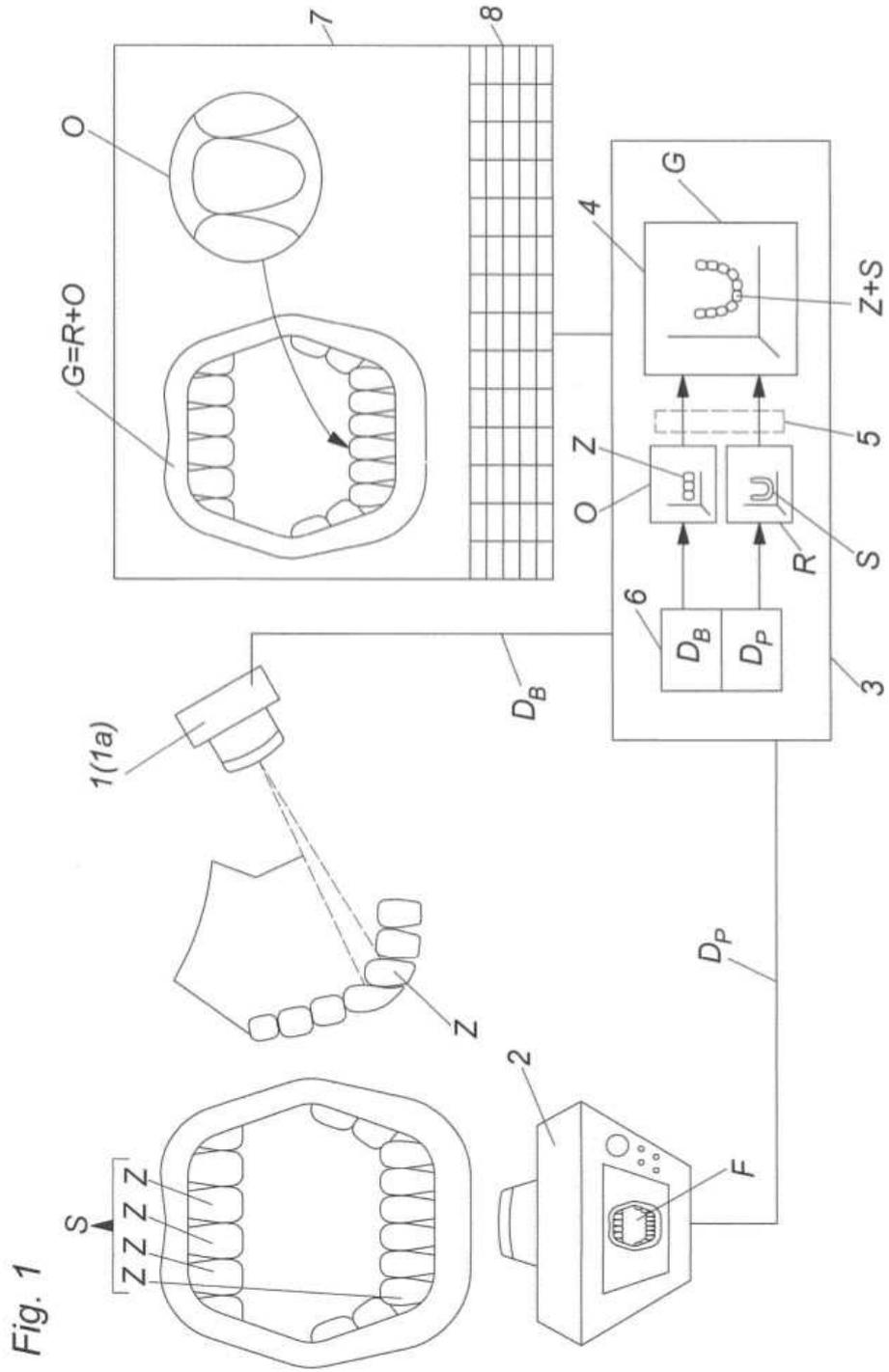


Fig. 2

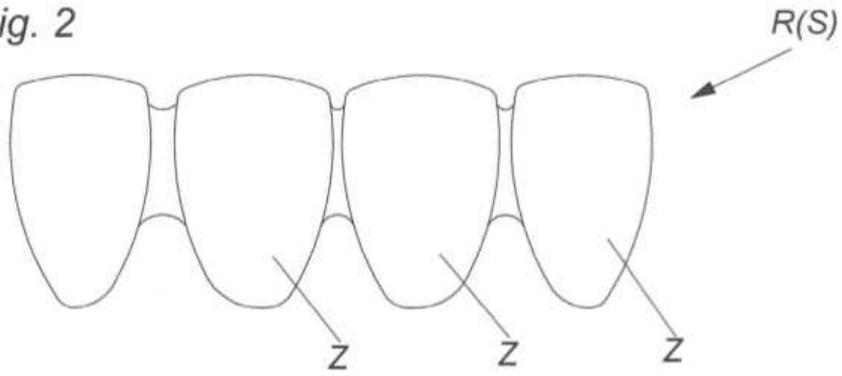


Fig. 3

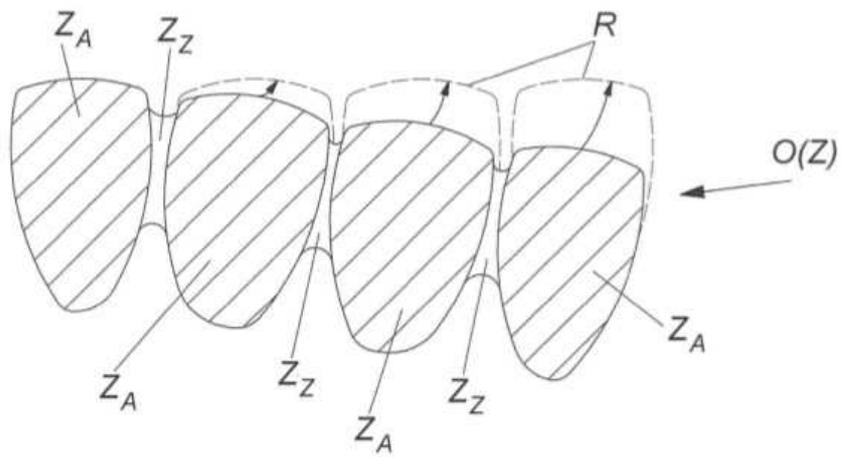


Fig. 4

