

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. September 2020 (17.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/182675 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61C 13/30 (2006.01) A61K 6/80 (2020.01)
A61K 6/54 (2020.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/056061

(22) Internationales Anmeldedatum:
06. März 2020 (06.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 106 034.6
08. März 2019 (08.03.2019) DE

(71) Anmelder: MARVIS INTERVENTIONAL GMBH
[DE/DE]; Auf dem Rotental 47, 50226 Frechen (DE).

(72) Erfinder: DÜRING, Klaus; Auf dem Rotental 47, 50226
Frechen (DE).

(74) Anwalt: HGF EUROPE LLP; Neumarkter Str. 18, 81673
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ROOT CANAL POST

(54) Bezeichnung: WURZELSTIFT

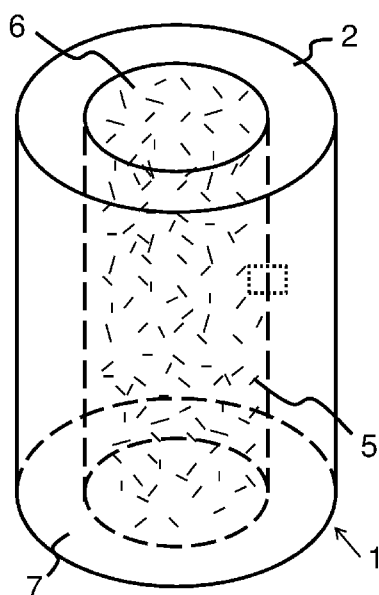


Fig. 3a

(57) **Abstract:** The invention relates to a root canal post which is formed from a composite material of fibers and a matrix material, X-ray markers being embedded in the matrix material and the X-ray markers being formed from visible light-reflecting and/or UV-reflecting material. According to another aspect of the invention, the X-ray markers are concentrated in a central area of the root canal post. The root canal post has excellent mechanical properties and allows the transmission of visible or UV light for the purpose of curing an adhesive present on the root canal post.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Wurzelstift, der aus einem Verbundmaterial aus Fasern und einem Matrixmaterial ausgebildet ist, wobei in das Matrixmaterial Röntgenmarker eingebettet sind und die Röntgenmarker aus sichtbarem und/oder UV-Lichtreflektierendem Material ausgebildet sind. Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sind die Röntgenmarker in einem zentralen Bereich des Wurzelstiftes konzentriert. Der Wurzelstift weist sehr gute mechanische Eigenschaften auf und erlaubt das Durchleiten von sichtbarem bzw. UV-Licht, um einen am Wurzelstift angeordneten Klebstoff auszuhärten.



WO 2020/182675 A1

5

Wurzelstift

10

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wurzelstift.

Mit Wurzelstiften können wurzelkanalbehandelte Zähne wiederaufgebaut werden, sodass ein künstlicher Zahnersatz, z.B. eine Krone, auf einen Restzahn stabil aufgesetzt werden kann.

15

Die US 5,890,904 beschreibt einen Zahnstift, welcher einen Kern aus Fasern und einen Mantel aus für Röntgenstrahlung undurchlässigen Fasern umfasst.

20

Aus der US 6,012,924 geht ein für Röntgenstrahlen undurchlässiger Zahnstift hervor. Der Zahnstift umfasst einen Kern aus Fasern. Der Mantel besteht aus einer Harzmatrix, wobei der Brechungsindex der Matrix durch Dotierung von Metalloxiden angepasst wird. Dadurch kann die Undurchlässigkeit gegenüber Röntgenstrahlung variiert werden.

25

Ein Zahnstift nach der DE 600 25 501 T2 zeichnet sich durch einen Kern aus Kompositmaterial aus Fasern, welche in eine Harzmatrix eingebettet sind, aus, wobei die Fasern für Röntgenstrahlung undurchlässig sind und der Unterschied der Brechungsindizes zwischen Fasern und Harz weniger als 0,15 beträgt. Dabei wird nur eine minimale Fasermenge verwendet, um die mechanischen Eigenschaften zu verleihen. Neben Metalloxiden kann auch Quarzglas verwendet werden. Dieser Zahnstift ist transparent für sichtbares Licht und undurchsichtig für Röntgenstrahlung.

30

In der US 8,039,101 B2 wird ein strahlenundurchlässiges Zahnersatzteil aus einem Verbundmaterial beschrieben, das aus einer in Harz eingebetteten Faser ausgebildet ist, wobei das Harz mindestens eine strahlenundurchlässige Komponente enthält.

35

Die strahlungsundurchlässige Komponente besteht aus Nanopartikeln mit einem Durchmesser kleiner als 60 nm, die einen Teil oder die Gesamtheit der Wellenlängen im Bereich von 400 bis 600 nm einer einfallenden Strahlung durchlassen. UV-Strahlung wird kaum beeinflusst.

Für die strahlenundurchlässige Komponente werden zahlreiche Metalle und Metalloxide vorgeschlagen.

5 In der FR 2,892,301 A1 zeichnet sich der Zahnstift dadurch aus, dass die Matrix ein photochromes Pigment enthält. Dadurch kann die Matrix vorübergehend gefärbt werden, wenn der Zahnstift UV- oder sichtbarer Strahlung ausgesetzt wird.

10 Aus der US 9,814,655 B2 geht ein Dentalfüllmaterial mit einem Kern und einer Hülle hervor. Der Kern besteht aus einem Kernmaterial und die Hülle aus einem Hüllenmaterial. Kernmaterial und Hüllenmaterial sind jeweils ein anderes Material, wobei das Kernmaterial eine größere Teilchengröße als das Hüllenmaterial aufweist.

15 In der DE 10 2015 220 373 A1 wird ein härtbares Dentalmaterial beschrieben. Das Dentalmaterial umfasst dabei zum einen polymerisierbare Monomere, partikuläre Füllstoffe und Hilfsstoffe. Die Füllstoffe bestehen aus Partikeln aus Ytterbiumfluorid und/oder Bariumsulfat.

20 Aus der DE 10 2008 042 021 B3 geht ein Endodontiestift mit einem einteiligen Grundkörper zur Einführung in einen gekrümmten Wurzelkanal hervor. Dieser umfasst eine Kunststoffmatrix, welche mit Fasern verstärkt ist, die in die Kunststoffmatrix eingelagert sind, wobei der Grundkörper Zonen unterschiedlicher Biege- und Torsionssteifigkeit aufweist und wobei mindestens eine Zone eine hohe Biege- und Torsionssteifigkeit und mindestens eine Zone eine verminderte Biege- und Torsionssteifigkeit aufweist, wobei die Fasern parallel zur Längsachse in die Kunststoffmatrix eingelagert sind. Der Endodontiestift zeichnet sich dadurch aus, dass die mit Fasern verstärkte Kunststoffmatrix über die Länge und den Querschnitt des Grundkörpers unterschiedliche Konzentrationen von Reflexions-/Absorptionspartikeln zur Reflexion und Absorption von Laserstrahlen enthält, so dass dadurch die unterschiedliche Biege- und Torsionssteifigkeit erzielt wird und wobei in der mindestens einen Zone hoher Biege- und Torsionssteifigkeit ein höherer Anteil der Reflexions-/Absorptionspartikel als in der mindestens einen Zone verminderter Biege- und Torsionssteifigkeit enthalten ist.

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Wurzelstift zu schaffen, welcher einfach und kostengünstig herstellbar ist, gute mechanische Eigenschaften (wie Festigkeit und Flexibilität) aufweist und kontrolliert und präzise im Zahnstumpf positionierbar ist.

35 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen Wurzelstift zu schaffen, der zuverlässig und präzise mittels eines Röntgenverfahrens detektierbar ist.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen Wurzelstift zu schaffen, der hohen ästhetischen Anforderungen genügt.

5 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen Wurzelstift zu schaffen, welcher zuverlässig und schnell mittels lichtaushärtender Klebstoffe eingesetzt und verklebt werden kann.

10 Einige oder mehrere der Aufgaben werden mit einem Wurzelstift nach einem der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

15 Ein erfindungsgemäßer Wurzelstift ist aus einem Verbundmaterial, das aus Fasern und einem Matrixmaterial besteht, ausgebildet. In das Matrixmaterial sind Röntgenmarkerpartikel eingebettet und die Röntgenmarkerpartikel sind aus sichtbares bzw. UV-Licht reflektierendem Material ausgebildet, und wobei die Röntgenmarkerpartikel gleichmäßig in dem den Wurzelstift ausbildenden Verbundmaterial verteilt sind, und wobei die Röntgenmarkerpartikel sowohl zum Reflektieren von Licht als auch zur Sichtbarmachung bei Röntgenuntersuchungen ausgebildet sind.

20 Dadurch, dass der Wurzelstift Röntgenmarker im Matrixmaterial aufweist, ist es nicht notwendig, mit Röntgenmarkern dotierte Fasern zu verwenden. Mit Röntgenmarkern dotierte Fasern sind zwar in einem Röntgenverfahren sichtbar, weisen jedoch schlechtere mechanische Eigenschaften als entsprechende undotierte Fasern auf. Daher können die Fasereigenschaften vollständig auf die mechanischen Eigenschaften ausgerichtet werden und damit die bestmöglichen
25 mechanischen Eigenschaften für einen Wurzelstift erzielt werden.

30 Wurzelstifte sind kurze Stifte mit einer Länge von bspw. etwa 1 bis 3 cm und einem Durchmesser von bspw. etwa 1 mm bis 3 mm. Das Volumen eines solchen Wurzelstiftes ist begrenzt. Daher ist es wichtig, dass die geringen Mengen an Fasern, welche im Wurzelstift vorgesehen werden können, diese guten mechanischen Eigenschaften, u.a. eine hohe Festigkeit und Flexibilität, verleihen. Da die Röntgenmarker im Matrixmaterial angeordnet sind, können nicht-dotierte Fasern verwendet werden, welche in der Regel bessere mechanische Eigenschaften als dotierte Fasern besitzen.

35 Da als Röntgenmarker Partikel verwendet werden, welche sichtbares bzw. UV-Licht reflektieren, wird durch die Röntgenmarker das sichtbare bzw. UV-Licht nicht absorbiert.

Hierdurch kann sichtbares bzw. UV-Licht durch den Wurzelstift bis zu einem am unteren Ende und an den Wandungen des Wurzelstifts angeordneten Klebstoff geleitet werden, um die Härtung eines solchen mit Licht aushärtenden Klebstoffes zu bewirken. Dies erlaubt ein schnelles Verkleben eines solchen Wurzelstiftes im Zahnstumpf ohne lange Aushärtezeiten.

5

Eine Aushärte-Leuchtvorrichtung beleuchtet den Wurzelstift nicht zwangsläufig gleichmäßig. Durch die Partikel wird das Licht im Wurzelstift reflektiert und gestreut, wodurch eine gleichmäßige Verteilung des Lichtes erzeugt wird. Somit wird eine gleichmäßige Ausleuchtung auch der Oberfläche des Wurzelstifts erreicht.

10

In dem in der DE 10 2008 042 021 B3 vorgesehenen Endodontiestift ist vorgesehen, dass ein Grundkörper bzw. die mit Fasern verstärkte Kunststoffmatrix über die Länge und den Querschnitt des Grundkörpers unterschiedliche Konzentrationen von Reflexions-/Absorptionspartikeln zur Reflexion und Absorption von Laserstrahlen enthält, so dass dadurch die unterschiedlichen Biege- und Torsionssteifigkeit erzielt wird und wobei in der mindestens einen Zone hoher Biege- und Torsionssteifigkeit ein höherer Anteil der Reflexions-/Absorptionspartikel als in der mindestens einen Zone verminderter Biege- und Torsionssteifigkeit enthalten ist.

15

20

Im Gegensatz dazu kann bei dem erfindungsgemäßen Wurzelstift vorgesehen sein, dass das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial über seine gesamte Länge eine in etwa gleichbleibende Konzentration von Röntgenmarkerpartikeln aufweist, sodass das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial über eine homogene Steifigkeit und/oder homogene Materialeigenschaften über seine gesamte Länge verfügt.

25

Die Partikel sind vorzugsweise gleichmäßig in dem den Wurzelstift ausbildenden Verbundmaterial verteilt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter dem Ausdruck, dass die Partikel vorzugsweise gleichmäßig verteilt sind, verstanden, dass die in das Matrixmaterial des Verbundmaterials eingebetteten Partikel entlang einer Längsrichtung des den Wurzelstift ausbildenden Materials in etwa gleichmäßig verteilt sein können und/oder dass die in das Matrixmaterial des Verbundmaterials eingebetteten Partikel quer zur Längsrichtung des den Wurzelstift ausbildenden Materials in etwa gleichmäßig verteilt sein können. Das bedeutet, eine gleichmäßige Verteilung liegt vor, wenn das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial entlang der Längsachse homogen mit Markerpartikeln dotiert ist.

30

35

Das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial ist mit einer gleichbleibenden bzw. konstanten Flexibilität ausgebildet.

Weiterhin ist gemäß der DE 10 2008 042 021 B3 vorgesehen, dass zusätzlich zu den Reflexions-/Absorptionspartikeln zur Reflexion und Absorption von Laserstrahlen in den Endodontiestift als weitere Füllstoffe nanodisperse Materialien und/oder Röntgenkontrastmittel eingebracht werden, wobei es sich vorzugsweise um Carbon-Nanotubes, Hydroxylapatit, SiO_2 , nanodisperses Ag, CeO, SnO_2 und/oder O_2 , WO_3 handelt.

Die Reflexions-/Absorptionspartikel werden somit nicht als Röntgenmarker eingesetzt, sondern nur zur Modulation der mechanischen Eigenschaften verwendet. Die vorstehend genannten Materialien müssen somit zwangsweise zusätzlich in diesem Endodontiestift enthalten sein.

Wie vorstehend aufgezeigt, ist erfindungsgemäß hingegen vorgesehen, dass Mittel zur Röntgensichtbarmachung und zur Reflektion von sichtbares und/oder UV-Licht aus den Röntgenmarkern bestehen. Das bedeutet, die Röntgenmarkerpartikel übernehmen gleichzeitig sowohl die Aufgabe des Reflektierens von Licht als auch die Sichtbarmachung bei Röntgenuntersuchungen bzw. sind entsprechend ausgebildet.

Die Partikel können aus Metallen ausgebildet sein, wie z. B. Wolfram oder Tantal. Vorzugsweise sind es Metalle wie z.B. Platin, Iridium oder Rhenium. Die Partikel sind insbesondere vorzugsweise aus Gold ausgebildet. Alternativ können die Partikel aus Mischungen oder Legierungen aus diesen Metallen ausgebildet sein. Das Material, aus dem die Partikel bestehen, weist vorzugsweise eine hohe Dichte und eine hohe Ordnungszahl auf, um eine hohe Undurchlässigkeit für Röntgenstrahlung zu gewährleisten. Des Weiteren weist das Material eine lichtreflektierende und bevorzugt eine glänzende Oberfläche auf. Die Oberfläche kann glatt und spiegelnd sein. Sie kann jedoch auch rau sein, so dass Licht diffus reflektiert wird. Es ist vorteilhaft, wenn der Anteil des an der Oberfläche der Partikel absorbierten Lichtes möglichst gering ist, so dass ein möglichst großer Anteil des Lichtes durch den Wurzelstift geleitet werden kann. Dies gilt gleichermaßen für spiegelnde und raue Oberflächen. Spiegelnde Oberflächen der Partikel führen dabei zu einer glänzend-weißen Abbildung im Röntgenbild (bei Weißdarstellung des Röntgenmarkers) im Vergleich zu einer matt-weißen Abbildung anderer Röntgenmarker wie z.B. Ytterbiumfluorid oder Basiumsulfat). Daher sind spiegelnde Röntgenmarker besonders bevorzugt, weil sie eine leichtere und bessere Erkennbarkeit im Röntgenbild ermöglichen.

Ytterbiumfluorid erzeugt im Röntgenbildgebungsverfahren ein matt weißes Bild mit gutem Kontrast.

Gold hingegen erzeugt im Röntgenbildgebungsverfahren ein glänzend weißes Bild mit einem noch besseren Kontrast und ist somit besser identifizierbar und erlaubt die Verwendung geringerer Mengen an Röntgenmarker.

Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Wurzelstift vorgesehen, der aus einem Verbundmaterial aus Fasern und einem Matrixmaterial ausgebildet ist, wobei die Röntgenmarker in einem zentralen Bereich des Wurzelstiftes eine höhere Konzentration als in einem Randbereich des Wurzelstiftes aufweisen oder die Röntgenmarker ausschließlich in dem zentralen Bereich vorgesehen sind.

Unter einem zentralen Bereich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein sich in etwa über die gesamte Länge des Wurzelstiftes erstreckender Bereich verstanden, der in etwa zylindrisch ausgebildet ist.

Der Randbereich erstreckt sich ebenfalls in etwa über die gesamte Länge des Wurzelstiftes, wobei dieser den zentralen Bereich konzentrisch umgebend ausgebildet ist. D.h. der Randbereich ist in etwa rohrförmig ausgebildet.

Eine derartige Anordnung im zentralen Bereich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ebenfalls als eine gleichmäßige Verteilung bezeichnet, da der Wurzelstift im zentralen Bereich entlang seiner Längsachse, und vorzugsweise auch quer dazu, homogen mit Röntgenmarkerpartikeln dotiert ist.

Das Anordnen von Markern, welche in der Regel aus Partikeln ausgebildet sind, im Matrixmaterial eines Verbundmaterials verschlechtert die mechanischen Eigenschaften (wie Festigkeit und Flexibilität) des Verbundmaterials. Da die Marker vorwiegend im zentralen Bereich des Wurzelstiftes konzentriert sind, ist die Schwächung des zentralen Bereiches stärker als die des Randbereiches des Wurzelstiftes. Der Randbereich hat aufgrund seines Abstandes zum Mittelpunkt einen stärkeren Einfluss auf die gesamte Festigkeit des Wurzelstiftes. Die Konzentration der Röntgenmarker im zentralen Bereich des Wurzelstiftes verbessert somit insgesamt die mechanischen Eigenschaften, wie z.B. Festigkeit und Biegsamkeit, im Vergleich zu einem Wurzelstift, in dem die gleiche Menge an Markerpartikeln gleichmäßig im Matrixmaterial verteilt ist. Ein Wurzelstift muss über Jahrzehnte stabil im Kiefer einen Zahn stützen und darf nicht brechen. Daher sind die mechanischen Eigenschaften eines Wurzelstiftes überaus wichtig.

Durch das Vorsehen eines zentralen dotierten Bereiches wird eine geringere Menge an teuren Röntgenmarkerpartikeln, die bspw. aus Gold oder Platin ausgebildet sein können, benötigt. Auf diese Weise wird weniger Gold oder Platin verwendet, wobei gleichzeitig bei einer entsprechenden Röntgenuntersuchung ein guter Kontrast erzeugt wird, was in geringeren Kosten für einen solchen Wurzelstift resultiert.

Ein Wurzelstift aus einem Verbundmaterial aus Fasern und einem Matrixmaterial, insbesondere einem Matrixmaterial aus einem Harz oder einem Polymer, weist im Vergleich zu herkömmlichen Wurzelstiften aus Metall zu Dentin wesentlich ähnlichere mechanische Eigenschaften auf. Hierdurch ist es einfacher, mit einem solchen Wurzelstift eine dauerhafte Befestigung eines Zahnersatzes im Kiefer zu erreichen.

Vorzugsweise sind die Röntgenmarker ausschließlich im zentralen Bereich des Wurzelstiftes angeordnet.

Der zentrale Bereich des Wurzelstiftes kann sich von einer Mittelpunktlinie des Wurzelstiftes in dem Bereich bis etwa dem 0,8-fachen, vorzugsweise des 0,7-fachen, vorzugsweise des 0,6-fachen und insbesondere des 0,5-fachen des Radius des Wurzelstiftes erstrecken. Der übrige Bereich bildet den Randbereich.

Die Fasern können aus einem nicht mit Röntgenmarkern dotierten Material ausgebildet sein. Derartige Fasern besitzen in der Regel bessere mechanische Eigenschaften als mit Röntgenmarkern dotierte Fasern.

Die Fasern können Glasfasern, Carbonfasern, Keramikfasern, Silicacarbidgefasern und/oder Basaltfasern sein.

Das Matrixmaterial ist vorzugsweise aus einem Polymermaterial, insbesondere Epoxidharz, chemisch reaktiv polymerisierenden Kunststoffen bzw. Duroplasten, z.B. Polyesterharzen, Vinylesterharzen, Methacrylatharzen, Phenacrylatharzen, räumlich vernetzenden Polyurethanen und/oder Formaldehydharzen ausgebildet. Das Matrixmaterial kann aus einem dieser Materialien bestehen oder einer Mischung von zwei oder mehreren dieser Materialien zusammengesetzt sein.

Die Röntgenmarker können aus Partikeln mit einer Größe mit zumindest 0,5 μm , vorzugsweise zumindest 1 μm und insbesondere zumindest 5 μm ausgebildet sein. Je größer die Partikel sind, desto mehr Markermaterial kann in das Matrixmaterial eingebettet werden und desto besser ist der Wurzelstift unter Röntgenstrahlung sichtbar.

Die Röntgenmarker können aus Partikeln mit einer Größe von nicht mehr als 500 μm bzw. 250 μm bzw. 100 μm bzw. 50 μm bzw. 20 μm bzw. 10 μm bzw. 5 μm bzw. 2 μm und insbesondere nicht mehr als 1 μm ausgebildet sein. Je kleiner die Partikel sind, desto weniger Widerstand bieten sie Licht, das durch den Wurzelstift geleitet werden soll, um einen Klebstoff auszuhärten.

Die Röntgenmarker können mit einer Konzentration von zumindest 2 %, vorzugsweise zumindest 5 % bzw. zumindest 10 % bzw. zumindest 15 % und insbesondere zumindest 20 % des relativen Gewichtes der Röntgenmarker zum Gewicht des Matrixmaterials, in das sie eingebettet sind, vorgesehen sein. Je mehr Röntgenmarker im Wurzelstift vorgesehen sind, desto besser ist der Röntgenmarker unter Röntgenstrahlung sichtbar.

Die Röntgenmarker sind vorzugsweise mit einer Konzentration von maximal 200 %, vorzugsweise maximal 100 % bzw. maximal 70 % bzw. maximal 60 % und insbesondere maximal 50 % des relativen Gewichtes der Röntgenmarker zum Gewicht des Matrixmaterials in dieses eingebettet. Je geringer die Konzentration an Röntgenmarker ist, desto besser kann Licht zum Aushärten von Klebstoff durch den Wurzelstift geleitet werden.

Die Röntgenmarker können aus einem Material mit der Ordnungszahl von zumindest 70 und insbesondere von zumindest 77 ausgebildet sein. In der Regel gilt, dass je höher die Ordnungszahl ist, desto besser sind die Röntgenmarker unter Röntgenstrahlung sichtbar.

Die Röntgenmarker können aus einem Material mit einer Dichte von zumindest 15 g/cm³ ausgebildet sein. Je höher die Dichte des Materials ist, desto besser sind die Röntgenmarker bei einem Röntgenbildgebungsverfahren sichtbar.

Die Röntgenmarker können aus kugelförmigen Partikeln ausgebildet sein. Kugelförmige Partikel haben den Vorteil, dass die Oberfläche bezüglich des Volumens klein im Vergleich zu anderen Formen ist. Hierdurch können die Partikel viel Markermaterial bei geringer Oberfläche enthalten, sodass sie eine gute Sichtbarkeit bei einem Röntgenbildgebungsverfahren bewirken und dennoch wenig Widerstand einem durch den Wurzelstift geleitetem Licht entgegensetzen.

Die Röntgenmarker können auch aus länglichen Partikeln ausgebildet sein. Hierbei ist es jedoch zweckmäßig, wenn die Röntgenmarker in Längsrichtung des Wurzelstiftes angeordnet sind, sodass in Längsrichtung des Wurzelstiftes geleitetes Licht möglichst wenig beeinträchtigt wird und zudem die Partikel gut zwischen einzelnen Fasern des Wurzelstiftes platziert werden können.

Die Röntgenmarker können aus Partikeln mit einer glänzenden Oberfläche ausgebildet sein. Hierdurch wird sichergestellt, dass Licht an der Oberfläche der Röntgenmarker vor allem reflektiert und nicht absorbiert wird.

Auf diese Weise wird eine duale Funktionsweise erreicht, da das den Randbereich ausbildende Verbundmaterial durchlässig für Licht ausgebildet ist und das den zentralen Bereich ausbildende Verbundmaterial die Röntgenstrahlen absorbiert.

- 5 Eine derartige Anordnung im peripheren Bereich bzw. im Randbereich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ebenfalls als eine gleichmäßige Verteilung bezeichnet, da der Wurzelstift im Randbereich entlang seiner Längsachse, und vorzugsweise auch quer dazu, homogen mit Markerpartikeln dotiert sein kann.
- 10 Der Randbereich kann somit undotiert sein oder eine geringere Konzentration aufweisen als der zentrale Bereich.

Das Matrixmaterial des Randbereichs kann transluzent oder leicht milchig oder stärker milchig ausgebildet sein, wobei die Lichtdurchlässigkeit des Matrixmaterials in ausreichendem Maß
15 gewährleistet sein muss. Bevorzugt ist eine leicht milchige oder stärker milchige Ausbildung nur der äußersten Schicht oder nur der Oberfläche des Matrixmaterials des Randbereichs. Der Vorteil einer solchen oberflächlichen oder homogenen milchigen Ausföhrung des Matrixmaterials des Randbereichs liegt darin, dass die Farbe der im zentralen Bereich des Wurzelstifts angeordneten Röntgenmarkerpartikel nicht oder nur weniger nach außen durchscheint. Damit
20 werden ästhetisch bevorzugte Ausführungsformen erreicht. Die oberflächliche oder homogene milchige Ausföhrung des Matrixmaterials des Randbereichs kann durch geeignete Materialien und Verarbeitungsprozesse, z.B. durch eine entsprechende Quervernetzung von Harzen oder Polymeren oder auch durch eine Oberflächenbehandlung des Matrixmaterials des Randbereichs erreicht werden.

25 Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft an Hand der in den Zeichnungen dargestellten Beispielen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen schematisch:

- 30 Figur 1a einen Ausschnitt eines Zahnstiftes in isometrischer Ansicht gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
Figur 1b einen Ausschnitt eines Randbereiches in Seitenansicht eines Wurzelstiftes gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
Figur 2a einen Querschnitt eines Zahnstiftes in einer Draufsicht gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
35 Figur 2b einen Ausschnitt eines Randbereiches eines Wurzelstiftes in einer Draufsicht gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
Figur 3a einen Ausschnitt eines Zahnstiftes in isometrischer Ansicht gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

- Figur 3b einen Ausschnitt eines Randbereiches in Seitenansicht eines Wurzelstiftes gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- Figur 4a einen Querschnitt eines Zahnstiftes in einer Draufsicht gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, und
- 5 Figur 4b einen Ausschnitt eines Randbereiches eines Wurzelstiftes in einer Draufsicht gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Im Folgenden wird ein erstes Ausführungsbeispiel (Figur 1a-2b) erläutert.

- 10 Ein erfindungsgemäßer Wurzelstift 1 ist als stabförmiger Körper ausgebildet. Der Durchmesser des Wurzelstiftes 1 beträgt zumindest 0,8 mm, vorzugsweise zumindest 1,0 mm und insbesondere zumindest 1,2 mm. Je dünner der Wurzelstift ist, desto einfacher lässt er sich in ein entsprechendes Bohrloch einsetzen. Der Durchmesser des Wurzelstiftes 1 beträgt maximal 3,5 mm, vorzugsweise maximal 3,0 mm und insbesondere maximal 2,5 mm. Je dicker der Wurzelstift ist, desto stabiler ist er und kann auf Dauer einen Zahnersatz, z.B. eine Krone, stabil halten.

- Der Wurzelstift 1 ist zumindest 5 mm, vorzugsweise zumindest 7 mm, insbesondere zumindest 10 mm lang. Der Wurzelstift 1 ist maximal 30 mm, vorzugsweise maximal 25 mm, insbesondere maximal 22 mm lang.
- 20

- Der Wurzelstift 1 ist aus einem Verbundmaterial 2 ausgebildet. Das Verbundmaterial 2 weist ein Matrixmaterial 3 und Fasern 4 auf. Das Matrixmaterial 3 ist vorzugsweise ein Kunststoff, insbesondere Epoxidharz. Es sind aber auch andere chemisch reaktiv polymerisierende Kunststoffe einsetzbar, wie z.B. Polyesterharze, Vinylesterharze, Methacrylatharze, Phenacrylatharze, räumlich vernetzende Polyurethane oder Formaldehydharze. Das Matrixmaterial ist nahezu transparent für sichtbares und/oder UV-Licht, kann aber eine leicht milchige Ausführung für die visuelle Abdeckung eines gefärbten Röntgenmarkers im zentralen Bereich aufweisen. Das Matrixmaterial kann aus einem dieser Materialien bestehen oder aus einer Mischung von zwei oder mehreren dieser Materialien zusammengesetzt sein.
- 25
- 30

- Die Fasern 4 verlaufen in etwa parallel zur Stabrichtung des Wurzelstiftes 1. Sie sind in etwa gleichmäßig angeordnet. Die Fasern erstrecken sich vorzugsweise über die gesamte Länge des Wurzelstiftes.
- 35

Die Fasern 4 können beispielsweise aus Glasfasern, Keramikfasern, Silicacarbidfasern, Carbonfasern und/oder Basaltfasern ausgebildet sein.

Die Fasern können aus einem einzigen Material bestehen oder aus einer Mischung von zwei oder mehreren dieser Materialien zusammengesetzt sein. Grundsätzlich sind steife Fasern, insbesondere Glasfasern, bevorzugt. Es kann jedoch auch zweckmäßig sein, Fasern eines der oben genannten steifen Fasertypen mit einer weicheren, aber zugfesten Faser, wie z.B. einer Aramidfaser, zu kombinieren. Die steifen Fasern werden vorzugsweise radial außen und die weicheren Fasern radial innen angeordnet.

Sind die Fasern 4 Carbonfasern, dann können bei höheren Konzentrationen Einschränkungen bezüglich der ästhetischen Eigenschaften hinzunehmen sein, da sie den Wurzelstift dunkel einfärben können und die schwarze Farbe bis an die Oberfläche des Zahnersatzes durchscheinen kann. Zur Minimierung dieser Färbung kann wiederum eine leicht milchige oder stärker milchige Ausführung der Oberfläche eingesetzt werden. Weitere geeignete und weniger steife Fasern sind aus Polyethylenterephthalat (PIT), wie zum Beispiel Dacron®, chromatische Polyamide, zum Beispiel Kevlar® oder pflanzliche Fasern, zum Beispiel Seide, Sisal, Hanf, die jedoch unter Umständen weniger stabil sind. Diese Fasern werden wie oben erläutert vorzugsweise mit steifen Fasern kombiniert.

Vorzugsweise ist das Material der Fasern nicht dotiert.

Mehrere Fasern sind in sogenannten Rovings zusammengefasst und werden so mit dem Matrixmaterial bei der Herstellung imprägniert. Ein Wurzelstift umfasst in der Regel 3 bis 10 Rovings.

Diese Rovings können ein Gewicht pro Länge von zumindest 500 Tex (1 Tex = 1 Gramm / 1.000 Meter) bzw. zumindest 750 Tex bzw. zumindest 1.000 Tex besitzen. Vorzugsweise ist das Gewicht pro Länge nicht größer als 1.500 Tex bzw. 2.000 Tex und insbesondere nicht größer als 2.500 Tex.

In das Matrixmaterial 3 sind Partikel 5 eingebettet. Die Partikel 5 sind als Röntgenmarker ausgebildet. Die Partikel 5 sind vorzugsweise gleichmäßig im Wurzelstift 1 verteilt, könnten aber auch ungleichmäßig verteilt sein. Die Partikel 5 sind aus Metallen ausgebildet, wie z. B. Wolfram oder Tantal. Vorzugsweise sind es Metalle wie z.B. Platin, Iridium oder Rhenium. Die Partikel 5 sind insbesondere vorzugsweise aus Gold ausgebildet. Alternativ können die Partikel 5 aus Mischungen oder Legierungen ausgebildet sein. Das Material, aus dem die Partikel 5 bestehen, weist vorzugsweise eine hohe Dichte, bevorzugt größer als 15 Gramm pro cm³, und/oder eine hohe Ordnungszahl, bevorzugt größer als 70, auf, um eine hohe Undurchlässigkeit für Röntgenstrahlung zu gewährleisten.

Das den Wurzelstift 1 ausbildende Verbundmaterial weist über seine gesamte Länge eine in etwa gleichbleibende Konzentration von Röntgenmarkerpartikeln auf, sodass das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial über eine homogene Steifigkeit und/oder homogene Materialeigenschaften über seine gesamte Länge verfügt.

5

Die Partikel sind vorzugsweise gleichmäßig in dem den Wurzelstift 1 ausbildenden Verbundmaterial verteilt. Die in das Matrixmaterial des Verbundmaterials eingebetteten Partikel sind entlang einer Längsrichtung des den Wurzelstift ausbildenden Materials in etwa gleichmäßig verteilt. Die in das Matrixmaterial des Verbundmaterials eingebetteten Partikel sind quer zur

10 Längsrichtung des den Wurzelstift ausbildenden Materials ebenfalls in etwa gleichmäßig verteilt. Das bedeutet, eine gleichmäßige Verteilung liegt vor, wenn das den Wurzelstift ausbildende Verbundmaterial entlang der Längsachse homogen mit Markerpartikeln dotiert ist.

15

Die Partikel sind vorzugsweise rund bzw. kugelförmig bzw. ellipsoid, können aber auch länglich, stabförmig oder flächenförmig sein. Annähernd runde Formen sind vorteilhaft im Produktionsprozess, weil sie am gleichmäßigsten im Matrixmaterial verteilt werden und am einfachsten die Öffnungen von Produktionswerkzeugen passieren können. Annähernd kugelförmige Partikel haben das größte Volumen bei minimaler Oberfläche. Hierdurch kann mit etwa kugelförmigen Partikeln viel Markermaterial in das Matrixmaterial eingebracht werden, wobei die

20 Störung des Lichtdurchtritts aufgrund der kleinen Fläche gering gehalten wird.

25

Längliche Partikel haben hingegen den Vorteil, dass sie zwischen Fasern etwa parallel zu ihnen angeordnet werden können und so zwischen eng benachbarte Fasern passen, ohne dass sie die Anordnung der Fasern stark beeinträchtigen. Zudem ist die Querschnittsfläche in Längsrichtung klein, wenn die länglichen Partikel in Längsrichtung ausgerichtet sind, so dass in Längsrichtung der Lichtdurchtritt wenig behindert wird.

30

Längliche Partikel sind deshalb sehr vorteilhaft, wenn sie in Längsrichtung ausgerichtet sind. Ansonsten werden etwa kugelförmige Partikel bevorzugt, da diese beim Einbringen in das Matrixmaterial nicht ausgerichtet werden müssen und dennoch den Lichtdurchtritt wenig beeinträchtigen und relativ viel Markermaterial in das Matrixmaterial eingebracht werden kann.

Partikel 5 aus Gold, welches eine Ordnungszahl von 79 hat, haben eine Dichte von etwa 19,3 g/cm³ und weisen eine golden glänzende Oberfläche auf.

Partikel 5 aus Platin, welches eine Ordnungszahl von 78 hat, haben eine Dichte von etwa 21,5 g/cm³ und weisen eine silber glänzende Oberfläche auf. Partikel 5 aus Iridium, welches eine Ordnungszahl von 77 hat, haben eine Dichte von etwa 22,6 g/cm³ und weisen eine silber-weiß glänzende Oberfläche auf. Partikel 5 aus Rhenium, welches eine Ordnungszahl von 75 hat, haben eine Dichte von etwa 21,0 g/cm³ und weisen eine silber glänzende Oberfläche auf. Partikel 5 aus Tantal, welches eine Ordnungszahl von 73 hat, haben eine Dichte von etwa 16,7 g/cm³ und weisen eine graphitgrau glänzende Oberfläche auf. Partikel 5 aus Wolfram, welches eine Ordnungszahl von 74 hat, haben eine Dichte von etwa 19,3 g/cm³ und weisen eine grau-weiß glänzende Oberfläche auf.

Je höher die Ordnungszahl und je größer die Dichte des Materials der Partikel ist, desto besser werden diese Partikel unter Röntgenstrahlen erkannt. Daher sind Partikel 5 aus einem Material mit einer Ordnungszahl von zumindest 70 und insbesondere von zumindest 77 bevorzugt. Ein Material mit einer Dichte von zumindest 15 g/cm³ ist bevorzugt

Des Weiteren weisen die Partikel 5 eine lichtreflektierende und vorzugsweise glänzende Oberfläche auf. Die Oberfläche der Partikel 5 reflektiert Licht mit einer Wellenlänge von zumindest 100 nm, vorzugsweise von zumindest 300 nm und insbesondere von zumindest 400 nm. Die Oberfläche der Partikel 5 reflektiert Licht mit einer Wellenlänge von maximal 900 nm, vorzugsweise von maximal 800 nm und insbesondere von maximal 750 nm.

Die Oberfläche der Partikel 5 kann derart dreidimensional strukturiert sein, dass Licht diffus reflektiert wird.

Die Partikel 5 haben eine Größe von zumindest 0,5 µm, vorzugsweise zumindest 1 µm und insbesondere zumindest 5 µm. Die Partikel 5 haben vorzugsweise eine Größe, die nicht größer als 500 µm bzw. 250 µm bzw. 100 µm bzw. 50 µm bzw. 20 µm bzw. 10 µm bzw. 5 µm bzw. 2 µm und insbesondere nicht größer als 1 µm ist. Wären die Partikel 5 kleiner als die hier angegebenen Grenzen, könnten sie sichtbares bzw. UV-Licht nicht mehr reflektieren, da die Wellenlänge größer wäre als die Partikel 5. Wären die Partikel 5 größer als die hier angegebenen Grenzen, würden sie das Licht einseitig reflektieren.

Je kleiner die Partikel 5 sind, desto weniger blockieren sie durch den Wurzelstift hindurchtretendes Licht. Je größer die Partikel sind, desto mehr Markermaterial kann im Matrixmaterial eingebracht werden und desto besser ist der Wurzelstift unter Röntgenstrahlung erkennbar.

Dies sind somit entgegengesetzte Anforderungen, welche in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien und der Größe des Wurzelstiftes auszubalancieren sind.

Die Konzentration der Partikel 5 wird im folgendem als relatives Gewicht der Partikel zum Gewicht des Matrixmaterials 3, in dem sie eingebettet sind, angegeben. Enthält der Wurzelstift bspw. Bereiche von Matrixmaterial, wie im unten erläuterten Ausführungsbeispiel, in welchen keine Partikel 5 vorgesehen sind, dann wird dieses Matrixmaterial nicht bei der Bestimmung der Konzentration berücksichtigt. Die Konzentration der Partikel 5 beträgt zumindest 2 %, vorzugsweise zumindest 5 bzw. 10 % bzw. 15 % und insbesondere zumindest 20 %. Die Konzentration der Partikel 5 beträgt maximal 200 %, vorzugsweise maximal 100 % bzw. 70 % bzw. 60 % und insbesondere maximal 50 %. Je höher die Konzentration ist, desto höher ist die Absorption von Röntgenstrahlen. Jedoch wird dadurch das Matrixmaterial 3 spröder.

Die Partikel 5 sind zufällig ausgerichtet. Des Weiteren sind die Partikel 5 im jeweiligen Bereich vorzugsweise zufällig verteilt und angeordnet. Die Partikel 5 können auch gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt oder geordnet ausgerichtet sein.

Nachfolgend wird ein zweites Ausführungsbeispiel (Figur 3a-4b) erläutert, wobei gleiche Elemente wie beim ersten Ausführungsbeispiel mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Für gleiche Elemente gelten die oben angeführten Erläuterungen, sofern nachfolgend nichts anderes hierzu ausgeführt ist.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel ist wiederum ein Wurzelstift 1 vorgesehen, der aus einem Verbundmaterial 2 ausgebildet ist. Die äußere Form des Wurzelstiftes 1 und das Verbundmaterial 2 des zweiten Ausführungsbeispiels sind gleich denen des ersten Ausführungsbeispiels.

Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel weist der Wurzelstift 1 in diesem Ausführungsbeispiel einen zentralen Bereich 6 und einen Randbereich 7 auf. Der zentrale Bereich 6 weist eine höhere Konzentration von Partikeln 5 auf als der Randbereich 6. Der zentrale Bereich 6 erstreckt sich von einer Mittelpunktlinie des Wurzelstiftes 1 in einem Bereich bis zumindest etwa dem 0,05-fachen, vorzugsweise zumindest dem 0,1-fachen bzw. dem 0,2-fachen und insbesondere zumindest dem 0,3-fachen des Radius des Wurzelstiftes 1. Der zentrale Bereich 6 erstreckt sich maximal in einem Bereich von dem 0,8-fachen, vorzugsweise dem 0,7-fachen bzw. dem 0,6-fachen und insbesondere dem 0,5-fachen des Radius des Wurzelstiftes 1. Der jeweils übrige Bereich bildet den Randbereich 7.

Die Konzentration der Partikel im zentralen Bereich 6 beträgt zumindest 2 %, vorzugsweise zumindest 5 % bzw. 10 % bzw. 15 % und insbesondere zumindest 20 %.

Im zentralen Bereich 6 ist die Konzentration der Partikel 5 maximal 200 %, vorzugsweise maximal 100 % bzw. 70 % bzw. 60 % und insbesondere maximal 50 %. Im Randbereich 7 ist die Konzentration der Partikel 5 zumindest 0 %, vorzugsweise zumindest 2 % bzw. 3 % und insbesondere zumindest 5 %. Die Konzentration der Partikel 5 im Randbereich 7 ist maximal 100 %, vorzugsweise maximal 75 % bzw. 50 % und insbesondere maximal 30 %.

Der zentrale Bereich 6 erstreckt sich in etwa über die gesamte Länge des Wurzelstifts 1 in Längsrichtung. Dieser Bereich 6 ist in etwa zylindrisch ausgebildet.

Der Randbereich 7 erstreckt sich ebenfalls in etwa über die gesamte Länge des Wurzelstiftes in Längsrichtung, wobei dieser den zentralen Bereich konzentrisch umgebend ausgebildet ist. D.h. der Randbereich 7 ist in etwa rohrförmig ausgebildet.

Eine derartige Anordnung im zentralen Bereich 6 wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ebenfalls als eine gleichmäßige Verteilung bezeichnet, da der Wurzelstift 1 im zentralen Bereich 6 entlang seiner Längsachse, und vorzugsweise auch quer dazu, homogen mit Röntgenmarkerpartikeln dotiert ist.

Eine Anordnung von Röntgenmarkerpartikeln im peripheren Bereich bzw. im Randbereich 7 stellt ebenfalls als eine gleichmäßige Verteilung dar, da der Wurzelstift 1 im Randbereich 7 entlang seiner Längsachse, und vorzugsweise auch quer dazu, homogen mit Markerpartikeln dotiert sein kann.

Der Randbereich 7 kann somit undotiert sein oder eine geringere Konzentration aufweisen als der zentrale Bereich 6.

Eine weitere Möglichkeit des zweiten Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Fasern im zentralen Bereich 6 eine niedrigere Dichte haben als im Randbereich 7. Wie oben bereits beschrieben, hat der Randbereich aufgrund seines Abstandes zum Mittelpunkt einen stärkeren Einfluss auf die gesamte Festigkeit des Wurzelstiftes. Somit kann die Faserdichte im Inneren niedriger sein. Dies ist insofern vorteilhaft, da hierdurch eine erhöhte Konzentration an Partikeln 5 verwendet werden kann, ohne die Konzentration des Matrixmaterials 3 zu verringern.

Nachfolgend wird das Verfahren der Lichtverteilung im Wurzelstift 1 beschrieben. Soll ein Wurzelstift 1 im Zahnstumpf eingeklebt werden, so wird der Wurzelstift 1 mit einer herkömmlichen Aushärte-Leuchtvorrichtung beleuchtet, sodass der um den Wurzelstift herum angeordnete Klebstoff durch sichtbares bzw. UV-Licht polymerisiert werden kann.

Das Licht der Aushärte-Leuchtvorrichtung dringt durch das transparente bzw. leicht milchige bzw. stärker milchige Matrixmaterial 3 in dieses ein, wobei ein wesentlicher Teil durch die Querschnittsfläche am oberen Ende des Wurzelstifts in das Matrixmaterial 3 eindringt. Bei einer nur oberflächlichen milchigen Ausführung des Matrixmaterials 3 im Randbereich wird somit die
5 höchste Eindringquote für das aufgestrahlte Licht erreicht, die nur von einer völlig transluzenten Ausführung des Matrixmaterials im Randbereich 7 übertroffen wird. Ein Teil des Lichtes trifft dann auf die Partikel 5. Die Partikel 5 reflektieren das Licht in zufällige Richtungen. Das reflektierte Licht trifft anschließend zum Teil wieder auf Partikel 5, die das Licht wieder reflektieren. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis das Licht entweder absorbiert wurde oder
10 aus dem Wurzelstift 1 austritt. Durch die mehrfache Reflexion des Lichtes wird das Licht diffus durch den Wurzelstift 1 geleitet.

Bezugszeichenliste

	1	Wurzelstift
	2	Verbundmaterial
5	3	Matrixmaterial
	4	Fasern
	5	Partikel
	6	Zentraler Bereich
	7	Randbereich
10		

5

Patentansprüche

1. Wurzelstift ausgebildet aus einem Verbundmaterial (2) aus Fasern und einem Matrixmaterial (3), wobei in das Matrixmaterial (3) Röntgenmarkerpartikel (5) eingebettet sind und die Röntgenmarkerpartikel (5) aus sichtbares und/oder UV-Licht reflektierendem Material ausgebildet sind, und wobei die Röntgenmarkerpartikel (5) gleichmäßig in dem den Wurzelstift (1) ausbildenden Verbundmaterial (2) verteilt sind, und wobei die Röntgenmarkerpartikel (5) sowohl zum Reflektieren von Licht als auch zur Sichtbarmachung bei Röntgenuntersuchungen ausgebildet sind.
2. Wurzelstift nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenmarker (5) aus Gold, Platin, Iridium, Rhenium, Wolfram oder Tantal, oder einer Mischung oder Legierung aus zwei oder mehreren dieser Metalle ausgebildet sind.
3. Wurzelstift insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, ausgebildet aus einem Verbundmaterial (2) aus Fasern (4) und einem Matrixmaterial (3), wobei die Röntgenmarker (5) in einem zentralen Bereich (6) des Wurzelstiftes (1) eine höhere Konzentration als in einem Randbereich (7) des Wurzelstiftes (1) aufweisen.
4. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenmarker (5) ausschließlich im zentralen Bereich (6) des Wurzelstiftes (1) angeordnet sind.
5. Wurzelstift nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zentrale Bereich (6) sich von einer Mittelpunktlinie des Wurzelstiftes (1) in einen Bereich bis etwa dem 0,8-fachen, vorzugsweise dem 0,7-fachen bzw. dem 0,6-fachen und insbesondere dem 0,5-fachen des Radius des Wurzelstiftes (1) erstreckt, wobei der übrige Bereich den Randbereich (7) bildet, sodass der zentrale Bereich (6) in

etwa zylindrisch ausgebildet ist und der Randbereich (7) in etwa rohrförmig ausgebildet ist.

- 5 6. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Matrixmaterial (3) des Randbereichs (7) transluzent oder milchig ausgebildet ist, wobei das Matrixmaterials (3) in diesem Bereich eine gewisse Lichtdurchlässigkeit aufweist, oder wobei vorzugsweise eine leicht milchige oder stärker milchige Ausbildung nur einer äußersten Schicht oder nur der Oberfläche des Matrixmaterials des Randbereichs (7) vorgesehen ist, sodass die Farbe der im zentralen Bereich (6) des Wurzelstifts (1) angeordneten Röntgenmarkerpartikel (5) nicht oder nur weniger nach außen durchscheint.
10
7. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Fasern (4) aus einem nicht mit Röntgenmarkern dotierten Material ausgebildet sind.
8. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Fasern (4) Glasfasern, Carbonfasern, Keramikfasern, Silicacarbidgefasern und/oder Basaltfasern sind.
9. Wurzelstift nach einer der Ansprüche 1 bis 7,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass die Fasern (4) in Längsrichtung des Wurzelstifts (1) verlaufen und/oder sich über die gesamte Länge des Wurzelstiftes (1) erstrecken.
10. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass das Matrixmaterial (3) aus einem Polymermaterial, insbesondere Epoxidharz und/oder einem chemisch reaktiv polymerisierenden Kunststoff bzw. Duroplast, wie z.B. Polyesterharz, Vinylesterharz, Methacrylatharz, Phenacrylatharz, räumlich vernetzenden Polyurethan und/oder Formaldehydharz ausgebildet ist.
35
11. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Röntgenmarker aus Partikeln (5) mit einer Größe von zumindest 0,5 μm , vorzugsweise zumindest 1 μm und insbesondere zumindest 5 μm ausgebildet sind.

- 5 12. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker aus Partikeln (5) mit einer Größe von nicht mehr als 500 μm
bzw. 250 μm bzw. 100 μm bzw. 50 μm bzw. 20 μm bzw. 10 μm bzw. 5 μm und insbe-
sondere nicht mehr als 2 μm ausgebildet sind.
- 10 13. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker mit einer Konzentration von zumindest 2 %, vorzugsweise zu-
mindest 5 % bzw. 10 % bzw. 15 % und insbesondere zumindest 20 % des relativen Ge-
wichts der Röntgenmarker zum Gewicht des Matrixmaterials (3), in das sie eingebettet
15 sind, vorgesehen sind.
14. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker mit einer Konzentration von maximal 200 %, vorzugsweise ma-
20 ximal 100 % bzw. 70 % bzw. 60 % und insbesondere maximal 50 % des relativen Ge-
wichts der Röntgenmarker zum Gewicht des Matrixmaterials (3), in das sie eingebettet
sind, vorgesehen sind.
15. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass der Röntgenmarker aus einem Material mit der Ordnungszahl von zumindest 70
und insbesondere von zumindest 77 und/oder aus einem Material mit einer Dichte von
zumindest 15 g/cm^3 ausgebildet ist.
- 30 16. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker aus etwa kugelförmigen Partikeln (5) ausgebildet sind.
17. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
35 dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker aus länglichen Partikeln (5) ausgebildet sind, welche überwie-
gend etwa in Längsrichtung im Wurzelstift angeordnet sind.

18. Wurzelstift nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Röntgenmarker aus Partikeln (5) mit glänzender Oberfläche ausgebildet sind.

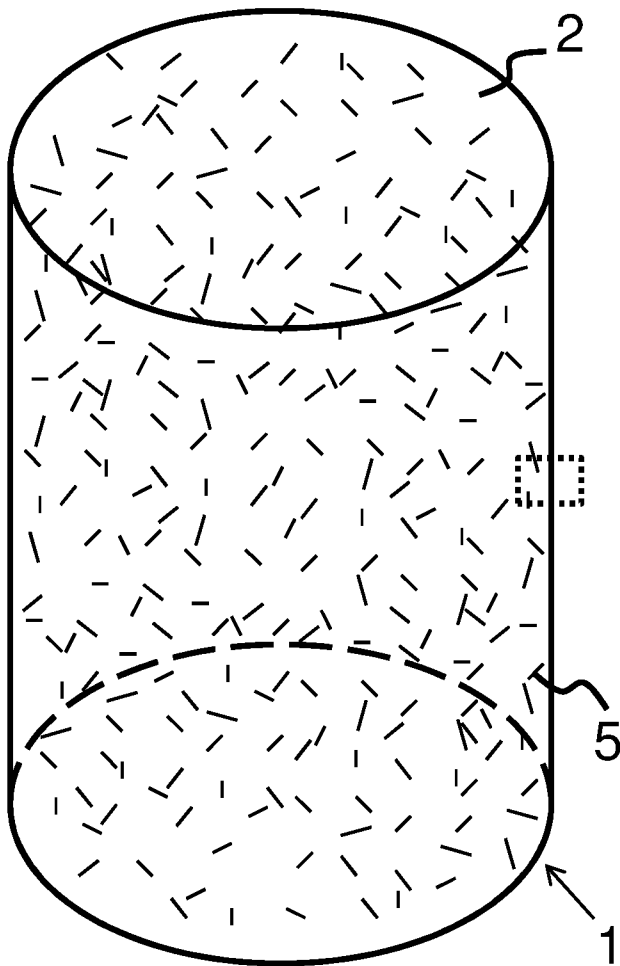


Fig. 1a

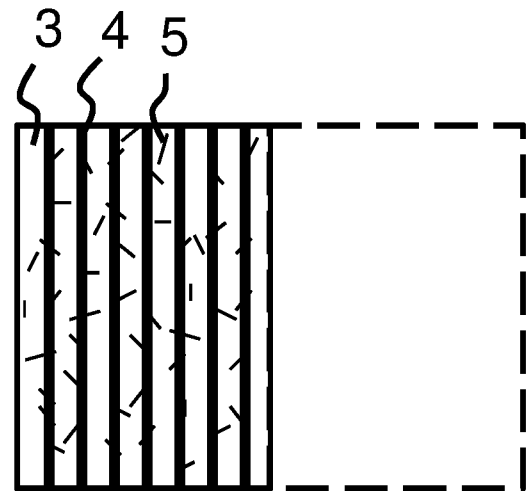


Fig. 1b

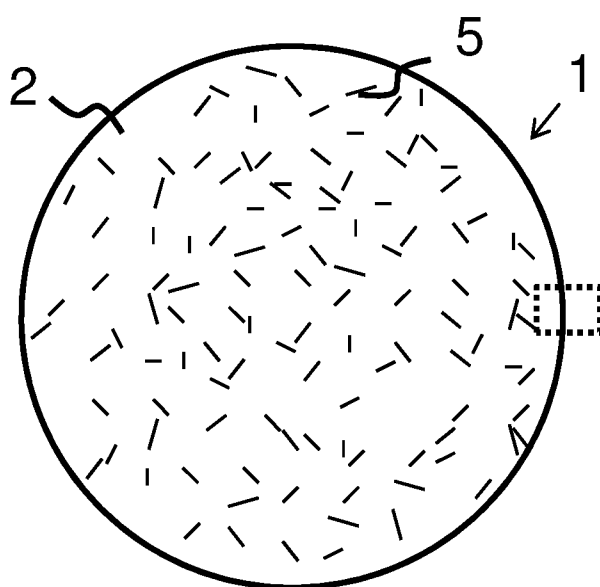


Fig. 2a

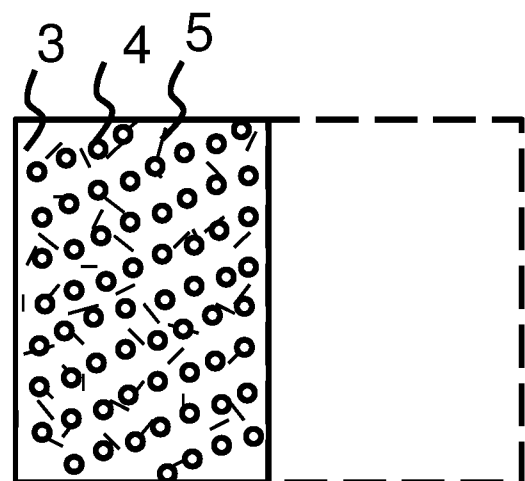


Fig. 2b

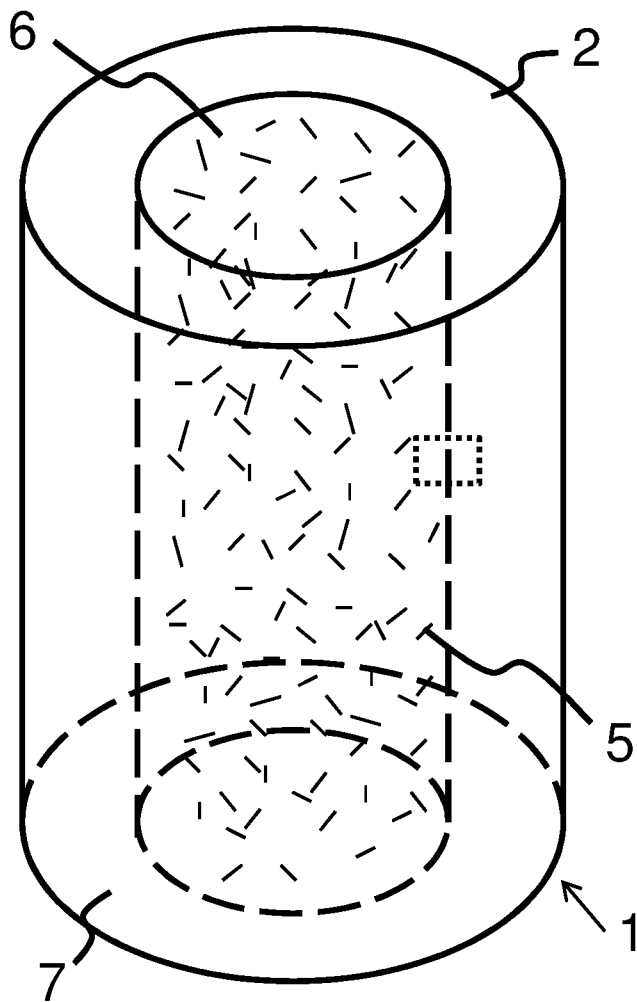


Fig. 3a

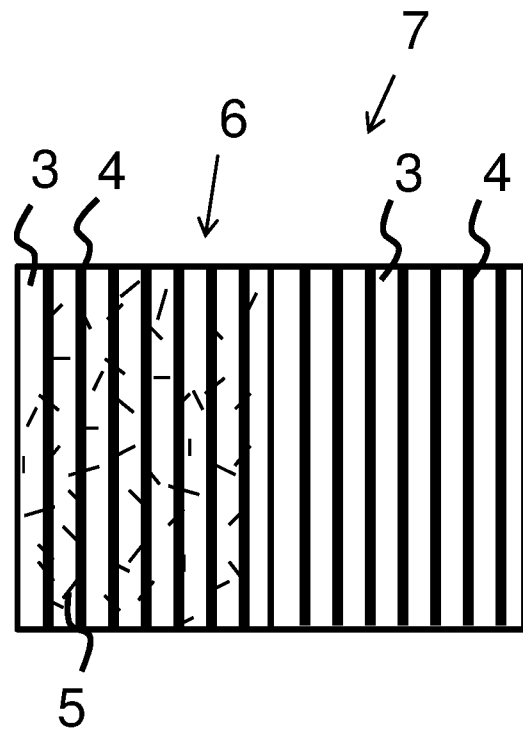


Fig. 3b

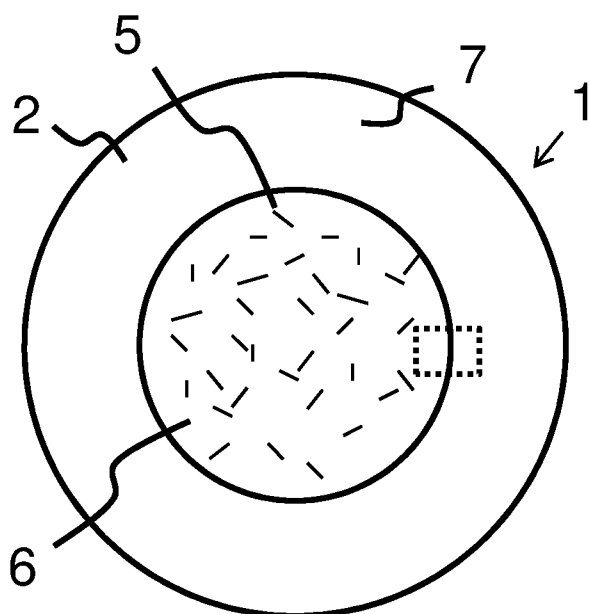


Fig. 4a

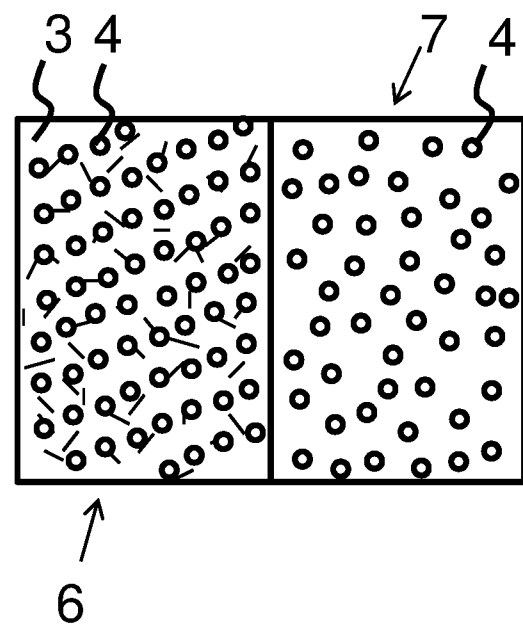


Fig. 4b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/056061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61C 13/30**(2006.01)i; **A61K 6/54**(2020.01)i; **A61K 6/80**(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61C; A61K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 102009019769 A1 (UNIV ROSTOCK [DE]) 11 November 2010 (2010-11-11) figures 1-3 paragraphs [0019] - [0022], [0031], [0032] figures 1, 15, 17	1,2,7-10,12,15,18 4-6,11,13,14,16,17
X A	US 2009325130 A1 (LE GUAY YANNICK [FR] ET AL) 31 December 2009 (2009-12-31) figures 2, 4 paragraph [0022] - paragraph [0043]	3-8,10-15,17 1,2,9,16
X A	DE 102008042021 B3 (UNIV ROSTOCK [DE]) 15 April 2010 (2010-04-15) cited in the application paragraph [0017] - paragraph [0046] figures 1-3	3-10,12-16 11,17
A	EP 1716819 A1 (CLUNET-COSTE BRUNO [FR]; MANEUF BERNARD [FR]; COLLOMBIN ANDRE [FR]) 02 November 2006 (2006-11-02) paragraphs [0001], [0027], [0028], [0031], [0041] figure 5	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2020

Date of mailing of the international search report

02 June 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Saldamli, Belma

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/056061

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102009019769	A1	11 November 2010	NONE	
US	2009325130	A1	31 December 2009	NONE	
DE	102008042021	B3	15 April 2010	NONE	
EP	1716819	A1	02 November 2006	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. A61C13/30 A61K6/54 A61K6/80
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 A61C A61K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2009 019769 A1 (UNIV ROSTOCK [DE]) 11. November 2010 (2010-11-11)	1,2, 7-10,12, 15,18
A	Abbildungen 1-3 Absätze [0019] - [0022], [0031], [0032] Abbildungen 1, 15, 17	4-6,11, 13,14, 16,17
X	US 2009/325130 A1 (LE GUAY YANNICK [FR] ET AL) 31. Dezember 2009 (2009-12-31)	3-8, 10-15,17
A	Abbildungen 2, 4 Absatz [0022] - Absatz [0043]	1,2,9,16
X	DE 10 2008 042021 B3 (UNIV ROSTOCK [DE]) 15. April 2010 (2010-04-15)	3-10, 12-16
A	in der Anmeldung erwähnt Absatz [0017] - Absatz [0046] Abbildungen 1-3	11,17
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Saldamli, Belma

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 716 819 A1 (CLUNET-COSTE BRUNO [FR]; MANEUF BERNARD [FR]; COLLOMBIN ANDRE [FR]) 2. November 2006 (2006-11-02) Absätze [0001], [0027], [0028], [0031], [0041] Abbildung 5 -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/056061

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009019769 A1	11-11-2010	KEINE	
US 2009325130 A1	31-12-2009	KEINE	
DE 102008042021 B3	15-04-2010	KEINE	
EP 1716819 A1	02-11-2006	KEINE	