



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 044 889 A1 2007.03.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 044 889.5

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61C 1/08 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 20.09.2005

*A61C 5/04 (2006.01)*

(43) Offenlegungstag: 29.03.2007

*A61C 8/00 (2006.01)*

*A61C 19/04 (2006.01)*

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

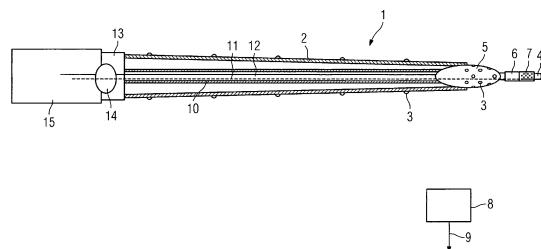
Maschke, Michael, 91475 Lonnerstadt, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug**

(57) Zusammenfassung: Zahnmedizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug (1), wobei das Werkzeug (1) wenigstens ein Lumen (10) aufweist, in dem wenigstens ein Bildgebungskatheter zur Aufnahme von Bilddaten eines Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereichs aufgenommen oder aufnehmbar ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug sowie ein zugehöriges Verfahren.

**Stand der Technik**

**[0002]** Zahnmedizinische Behandlungen wie beispielsweise eine Wurzelbehandlung, bei der die Pulpa des Zahns entfernt und anschließend der Wurzelkanal gesäubert und versiegelt wird, müssen sorgfältig durchgeführt werden, damit Infektionen und weitere Komplikationen möglichst ausgeschlossen werden können. Wenn beispielsweise eine infizierte Pulpa nicht vollständig entfernt wird, kann dies nicht nur zu Schmerzen und Schwellungen führen, sondern Infektionen können des Weiteren auf die Kieferknochen übergreifen. In einem solchen Fall muss dann der zugehörige Zahn entfernt werden und es können Folgeschäden für den Patienten entstehen, wenn beispielsweise die Infektion nicht nur die Kieferknochen betrifft, sondern zudem auf weitere Organe übergreift.

**[0003]** Kompliziertere zahnmedizinische Behandlungen sind oftmals mit mehreren Zahnarztbesuchen verbunden. Zur Überwachung der Behandlung wird dabei jeweils der Behandlungsablauf unterbrochen, um in einem separaten Röntgenraum Röntgenaufnahmen des Zahns bzw. seiner Wurzel oder eines umgebenden Bereichs anzufertigen. Ein solches Röntgenverfahren ist nicht einfach durchzuführen, da hierzu der Patient die Filme in seinem Mund aufnehmen muss. Zudem ist für die Entwicklung der Röntgenaufnahmen eine gewisse Zeit erforderlich.

**[0004]** Die in der Regel zweidimensionalen Röntgenaufnahmen liefern nur eine beschränkte Übersicht über beispielsweise einen gesäuberten Wurzelkanal bzw. die zugehörige Füllung. Weitere, reale Bilder des Fortschritts der Behandlung bzw. des Erfolgs eines Säuberns der Wurzelkanäle oder dergleichen stehen nicht zur Verfügung. Bei einer ungenügenden Säuberung können aber beispielsweise Zysten im Kieferknochen entstehen, die zu einer Knochenerweichung führen und zudem ein Auslöser für weitere Erkrankungen wie beispielsweise eine Herzklappenentzündung sein können.

**Aufgabenstellung**

**[0005]** Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, bezüglich dieser Probleme Abhilfe zu schaffen.

**[0006]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug vorgesehen, das wenigstens ein Lumen aufweist, in dem wenigstens ein Bildgebungskatheter

zur Aufnahme von Bilddaten eines Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereichs aufgenommen oder aufnehmbar ist.

**[0007]** So wird erfindungsgemäß ein zahnmedizinischer Bohrer bzw. ein sonstiges zahnmedizinisches Werkzeug beispielsweise zum Reinigen eines Wurzelkanals mit einem Bildgebungskatheter versehen, der in einer entsprechenden Öffnung des Werkzeugs aufgenommen bzw. in diese Öffnung einbringbar ist. Der Bildgebungskatheter wird dabei so platziert, dass der Untersuchungs- bzw. Behandlungsbereich anhand der Bilddaten des Katheters an einem Display bzw. Monitor darstellbar ist. Damit ist es möglich, während der Untersuchung bzw. Behandlung mehrfach Bilddaten aufzunehmen und darzustellen. Die Bilddatenaufnahme kann unter Umständen sogar kontinuierlich erfolgen.

**[0008]** Bei Verwendung geeigneter Techniken zur Bildaufnahme können so untersuchungsbegleitend sogar dreidimensionale Bilder erhalten werden, ohne dass die Behandlung wie für die bisherige Röntgenkontrolle unterbrochen werden müsste, damit der Patient einen eigens hierfür vorgesehenen Röntgenraum aufsuchen kann. Dem Zahnarzt steht somit während der gesamten Behandlung bzw. nach einem kurzen Auslösen der Bildgebungsfunktionalität durch das entsprechend ausgebildete erfindungsgemäße zahnmedizinische Untersuchungs- bzw. Behandlungswerkzeug gegebenenfalls in Echtzeit eine effektive Kontrollmöglichkeit für die Behandlung zur Verfügung. Das zahnmedizinische Untersuchungs- bzw. Behandlungswerkzeug kann hierbei für eine Wurzelbehandlung, für Implantate oder im Bereich der Kieferorthopädie und anderen zahnmedizinischen Bereichen verwendet werden, bei denen eine Bildkontrolle sinnvoll bzw. erforderlich ist.

**[0009]** Der Bildgebungskatheter kann ein Katheter für die optische Kohärenztomographie und/oder ein ultraschallbasiertes und/oder magnetresonanzbasiertes Katheter sein. In dem Lumen des Werkzeugs ist also beispielsweise ein OCT-Katheter (Optical-Coherence-Tomography-Katheter) zur Aufnahme angeordnet. Im Zusammenhang mit einem Positionssensorsystem an der Spitze des Werkzeugs ist damit die Anfertigung von Bildaufnahmen in einem dreidimensionalen Koordinatensystem möglich. Alternativ oder ergänzend kann ein ultraschallbasiertes bzw. magnetresonanzbasiertes Katheter verwendet werden, beispielsweise auf Basis der Techniken des intravaskulären Ultraschalls (IVUS) sowie der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung (IVMRI). Hierzu kann der Bildgebungskatheter mit geeigneten Kombinationssensoren ausgebildet sein, beispielsweise mit einem Sensorsystem aus OCT und IVUS oder aus IVMRI und IVUS. Damit kann der Arzt während einer Wurzelbehandlung oder einer anderen zahnmedizinischen Untersuchung und Behandlung begleitend

umfassende Bildinformationen erhalten, um die Qualität und das Ergebnis der Behandlung zu verbessern. Zudem kann die insgesamt benötigte Behandlungszeit zum Vorteil für den Patienten gesenkt werden.

**[0010]** Das Werkzeug kann erfahrungsgemäß zumindest teilweise aus einem für ein Bildgebungssignal des Bildgebungskatheters transparenten Material bestehen und/oder eine für das Bildgebungssignal transparente Öffnung aufweisen. Beispielsweise ist es möglich, dass ein Bohrer zum Aufbohren eines Zahns mit einem Bildgebungskatheter versehen ist, wobei im Bereich der Spitze in der Nähe der eigentlichen Behandlungseinheit ein Fenster zum Austritt des Bildgebungssignals des Bildgebungskatheters vorgesehen ist. Durch dieses Fenster kann beispielsweise das Licht des OCT-Katheters bzw. das Ultraschallsignal eines IVUS-Katheters austreten. Für eine Bildgebung in unterschiedlichen Bereichen bzw. über einen längeren Abschnitt kann das Werkzeug über seine gesamte Länge oder zumindest einen beträchtlichen Teilbereich aus einem derart transparenten Material aufgebaut sein. Beispielhaft zu nennen ist hier ein Kohlefasermaterial, durch das der in dem Lumen bewegte Bildgebungskatheter die Signale in den Behandlungsbereich aussenden kann und die Bildsignale aufnimmt, um diese einer Weiterverarbeitung zuzuführen.

**[0011]** Der Bildgebungskatheter und/oder das Lumen können über eine Motoreinheit bewegbar sein. Das Werkzeug weist somit zweckmäßigerweise in seinem Endbereich bzw. im Bereich einer Werkzeugkonsole eines Behandlungszimmers einen Anschluss zu einer dem Werkzeug zuzuordnenden bzw. in einer Konsole vorgesehenen Motoreinheit auf, die es ermöglicht, dass der Bildgebungskatheter bzw. das Lumen bewegt werden. So kann beispielsweise ein OCT-Sensor, der als Drehspiegel oder drehende Glasfaserleitung ausgebildet ist, rotiert werden oder aber ein Lumen bzw. der Bildgebungskatheter können relativ zum Werkzeug in Längsrichtung nach vorne bzw. nach hinten verschoben werden.

**[0012]** Eine Signalschnittstelle kann dazu dienen, den einen oder mehrere Bildgebungssensoren anzusteuern bzw. die Steuerungssignale für den Antrieb weiterzuleiten und die aufgenommenen Bildsignale oder weitere Signale, die im Werkzeugbereich aufgenommen werden bzw. entstehen, einer Weiterverarbeitung zuzuführen.

**[0013]** Darüber hinaus kann ein Handstück vorgesehen sein, das wenigstens ein Betätigungsselement zur Bedienung des Bildgebungskatheters aufweist. So weist das zahnmedizinische Behandlungswerkzeug zweckmäßigerweise einen geeigneten Griff auf, der dem Zahnarzt oder einer Zahnärzthelferin die Bedienung ermöglicht. Dieser Griff bzw. das Handstück

kann mit einem oder mehreren Betätigungsselementen versehen werden, um beispielsweise die Rotation des Drehspiegels bei einem OCT-Katheter zu starten, zu beenden oder hinsichtlich der Geschwindigkeit zu verändern bzw. das Vor- oder Zurückschieben des Bildgebungskatheters zur Bildgebung in unterschiedlichen Abschnitten des Behandlungsbereichs zu ermöglichen. Hierzu können Schalter bzw. Taster oder verschiebbare Betätigungsselemente, Drehknöpfe und dergleichen vorgesehen sein. Die Betätigungsselemente können dabei an unterschiedlichen Seiten des Griffs bzw. Handstocks angeordnet sein, wobei eine ergonomische Anordnung im Sinne einer möglichst einfachen Bedienbarkeit vorzuziehen ist.

**[0014]** Ein Betätigungsselement des Handstocks kann zur Verschiebung des Lumens und/oder zur Verschiebung des Bildgebungskatheters entlang des Handstocks und/oder zum Starten und/oder Beenden einer Drehbewegung wenigstens eines Teils des Bildgebungskatheters und/oder zur Einstellung einer Drehgeschwindigkeit und/oder Verschiebegeschwindigkeit des Bildgebungskatheters und/oder des Lumens vorgesehen sein. Beispielsweise ist es möglich, dass anhand eines Schalters eine Drehbewegung eines Sensorbereichs bzw. des Bildgebungskatheters ausgelöst wird, ebenso kann automatisch z.B. über eine Motoreinheit ein Verschieben des Bildgebungskatheters im Werkzeug, gegebenenfalls indirekt über eine Verschiebung des Lumens im Werkzeug, erreicht werden. Alternativ oder ergänzend ist es denkbar, dass über mechanische Elemente der Bildgebungskatheter bzw. der Sensor manuell verschoben werden, beispielsweise mittels einer Koppelung an entsprechende Drehknöpfe oder dergleichen. So kann über das Handstück, das zur Bedienung eines zahnmedizinischen Behandlungswerkzeugs in der Regel ohnehin erforderlich ist, die Bildgebung optimal gesteuert werden. Dabei ist es insbesondere sinnvoll, wenn die Bewegung des Lumens bzw. des Bildgebungskatheters mit einer definierten Geschwindigkeit bzw. in definierten und bekannten Schritten erfolgt, so dass unter Berücksichtigung dieser Vorgaben die aufgenommenen Signale in eine möglichst fehlerfreie Darstellung des Untersuchungs- und Behandlungsraums an einem Display einfließen.

**[0015]** Selbstverständlich können alternativ zu den in das Handstück integrierten Betätigungsselementen im Bereich des Handstocks oder aber im Bereich einer Konsole zum Anschluss für zahnmedizinische Werkzeuge separate Betätigungsselemente vorgesehen sein, beispielsweise Druckknöpfe an einer Konsole zur Aktivierung einer Rotation oder dergleichen. Dies kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn die Integration der Betätigungsselemente in das Handstück durch bereits am Handstück vorgesehene Bedienelemente beispielsweise für eine Bohrfunktion oder dergleichen erschwert wird, so dass Fehlbedienungen nicht ausgeschlossen werden können.

**[0016]** Erfindungsgemäß kann ein Positionssensor- system zur Bestimmung der zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Position wenigstens eines Teils, insbesondere einer Spitze, des Bildgebungskatheters im Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereichs vorgesehen sein. Das Positions- sensorsystem ist vorzugsweise ein System mit einem elektromagnetischen Wirkprinzip. Alternativ können elektrische, akustische, optische bzw. kapazitive und weitere Positionssensorsysteme verwendet werden. Die Kombination mit einem solchen Positionssensor- system, das beispielsweise elektromagnetisch ausgebildet ist, ermöglicht die Darstellung des zahnmedizinischen Werkzeugs, insbesondere der Spitze, beispielsweise in einem dreidimensionalen Koordinaten- system zusammen mit den Bilddaten eines OCT-Sensors. Dadurch erhält der Arzt beispielsweise an seinem TFT-Display eine dreidimensionale Darstellung des Behandlungsbereichs mit einer Darstellung der Spitze des zahnmedizinischen Werkzeugs. Dies verbessert die Orientierung und ermöglicht ein genaueres Vorgehen bei der Behandlung.

**[0017]** Das Werkzeug kann eine Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung zur Steuerung von Bildgebungssignalen und/oder zur Verarbeitung aufgenommener Bilddaten aufweisen. Diese Einrich- tung erzeugt die geeigneten Bildgebungssignale bzw. leitet diese über die Signalleitungen an die Bild- gebungssensoren des Bildgebungskatheters weiter. Des Weiteren erfolgt zweckmäßigerweise in der Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung die Verarbeitung der aufgenommenen Bilddaten für eine geeignete Darstellung an einem Monitor bzw. zur Ab- lage in einer Speichereinrichtung, beispielsweise zur nachfolgenden Auswertung für die Durchführung von Folgebehandlungen. Die Steuerungs- und/oder Verar- beitungseinrichtung ist dabei zweckmäßigerweise lösbar mit den übrigen Komponenten des Werkzeugs verbunden, um bei einer Reinigung eines Hand- stücks oder des Behandlungsteils die elektronischen Komponenten der Steuerungs- und/oder Verar- beitungseinrichtung gegen schädigende Einflüsse zu schützen.

**[0018]** Alternativ ist es möglich, dass die Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung zumindest teilweise oder vollständig als vom Werkzeug getrennte Komponente ausgebildet ist, beispielsweise als Bestandteil einer Bedienkonsole, wobei die Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung in jedem Fall gegebenenfalls zur Steuerung weiterer zahnmedizinischer Werkzeuge mit ihren jeweiligen Bildge- bungssystemen ausgebildet sein kann. Dabei ist es auch denkbar, dass ein Bildgebungskatheter mit un- terschiedlichen zahnmedizinischen Werkzeugen ein- gesetzt werden kann, indem er jeweils in ein entspre- chendes Lumen des Werkzeugs eingeführt wird.

**[0019]** Die Steuerungs- und/oder Verarbeitungsein-

richtung kann zur Bildaufnahme und/oder Bilddarstel- lung im Wesentlichen in Echtzeit und/oder zur dreidi- mensionalen Rekonstruktion der aufgenommenen Bilddaten und/oder zur Fusion von Bilddaten ver- schiedener Bildgebungstechniken ausgebildet sein.

**[0020]** Wenn die Bilder beinahe in Echtzeit an ei- nem Monitor oder Display dargestellt werden, ermögli- chert dies eine kontinuierliche Verfolgung der durch- geführten Behandlung und Untersuchung, wodurch die Qualität deutlich verbessert werden kann, da das bisher nicht zu vermeidende „blinde“ Durchführen einzelner Verfahrensschritte entfällt. Eine Unterbre- chung der Behandlung, um separate Kontrollaufnah- men anzufertigen, ist nicht mehr erforderlich. In je- dem Fall muss der Patient nicht den Behandlungs- raum verlassen und einen separaten Raum zur Er- stellung von Röntgenaufnahmen aufsuchen. Wenn die aufgenommenen Bilddaten dreidimensional dar- gestellt werden, ermöglicht dies eine optimale Ori- entierung im Untersuchungs- und Behandlungsbereich. Die durchgeföhrte Behandlung kann in ihrem räumi- chen Zusammenhang beurteilt werden und es wird die Gefahr vermieden, dass in einer Kontrollaufnah- me zufälligerweise nur der Bereich dargestellt wird, in dem die Behandlung fehlerfrei durchgeführt wurde, während Fehler in anderen Bereichen, die zu nach- folgenden Entzündungen oder dergleichen führen könnten, unerkannt bleiben.

**[0021]** Darüber hinaus ist es möglich, dass die Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung Bilddaten verschiedener Bildgebungstechniken miteinander verbindet und hieraus gegebenenfalls Positionsbilder erstellt. Beispielsweise können so OCT-Bilder und IVUS-Bilder aber auch Bilder aus nichtkatheterba- sierten Bildgebungsverfahren wie Röntgenbilder oder auch Bilder aus dem Bereich der molekularen Bildgebung bzw. Magnetresonanzbilder zusammen- gefügt oder für eine Segmentierung in inhaltlich zu- sammenhängende Bereiche bzw. eine Registrierung herangezogen werden. Dadurch kann die Qualität der Bilddarstellung weiter verbessert werden.

**[0022]** Das Handstück des zahnmedizinischen Werkzeugs kann an den Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich anpassbar und/oder austausch- bar ausgebildet sein. So kann beispielsweise je nach Art der durchzuführenden Untersuchung, also je nachdem, ob es sich um eine Untersuchung im Be- reich der Zahnkanäle oder um eine Untersuchung in einem anderen Zahnbereich wie der Krone handelt, das Handstück z. B. durch Anschrauben eines zusätzlichen Griffstücks veränderbar sein bzw. ein Aus- tausch möglich sein. Darüber hinaus ist eine Anpas- sung derart denkbar, dass eine Behandlung in ande- ren Körperbereichen, beispielsweise im Bereich der Nase oder des Ohrs, möglich wird. Hierzu kann bei- spielsweise die Länge oder der Durchmesser des Handstücks durch Hinzufügen oder Entfernen lösba-

rer Komponenten veränderbar sein bzw. es können von vorneherein andere Handstücke verwendet werden, die an gegebenenfalls anders ausgebildete Werkzeuge angepasst sind. Damit ist es möglich, auch bei Behandlungen in anderen Bereichen bzw. jeweils abgestimmt auf die durchzuführende Behandlung eine optimale Bildgebung auf Basis des Behandlungswerkzeugs zu erhalten.

**[0023]** Das erfindungsgemäße Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug kann einen Temperatursensor zur Bestimmung der Temperatur im Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich aufweisen, insbesondere einen im Bereich einer Spitze des Bildgebungskatheters bzw. des Werkzeugs angeordneten Temperatursensor. Damit kann beispielsweise bei einem Bohrwerkzeug überprüft werden, ob es zu einer beträchtlichen oder gar nicht mehr zulässigen Erhöhung der Temperatur im Bereich des Zahns bzw. der Umgebung kommt. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Patient unter lokaler Betäubung steht bzw. ein Nerv bereits entfernt wurde, so dass der Patient eine möglicherweise zu hohe Temperatur, die langfristige Schäden am Zahn oder am umgebenden Gewebe hervorrufen kann, nicht bemerkt.

**[0024]** Zur weiteren Verkleinerung des Werkzeugs können zudem Nanotechnologieverfahren verwendet werden, beispielsweise hinsichtlich einer möglichen Beschichtung zum Schutz des Werkzeugs bzw. zur Vermeidung von Schäden im Behandlungsbereich.

**[0025]** Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bilddatenaufnahme bei einer zahnmedizinischen Untersuchung und/oder Behandlung mit einem zahnmedizinischen Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug, das wenigstens ein Lumen aufweist, in dem wenigstens ein Bildgebungskatheter zur Aufnahme von Bilddaten eines Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereichs aufgenommen oder aufnehmbar ist, wobei der Bildgebungskatheter des Werkzeugs zur kontinuierlichen und/oder zeitweisen Bilddatenaufnahme in den Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich eingebracht wird. Somit wird erfindungsgemäß bei einer Untersuchung oder Behandlung eine Bilddatenaufnahme durchgeführt, die auf Bildern eines Bildgebungskatheters wie eines OCT-Katheters oder eines IVUS-Katheters basiert. Bei dieser Bilddatenaufnahme wird ein Werkzeug mit einem solchen Katheter, wie es im vorstehenden beschrieben wurde, wenigstens zeitweise in den Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich eingebracht, um hier in Zeitintervallen oder kontinuierlich Bilddaten aufzunehmen. Dabei kann das Werkzeug beispielsweise ein Bohrwerkzeug sein oder ein Werkzeug zur Reinigung eines Wurzelkanals oder dergleichen.

**[0026]** Insbesondere kann das Verfahren zur Bilddatenaufnahme bei einer Wurzelbehandlung eines

Zahns durchgeführt werden, bei der der Bildgebungskatheter zur Bilddatenaufnahme in den Bereich des Wurzelkanals des Zahns und/oder in den Kronenbereich eingebracht wird.

**[0027]** Der Bildgebungskatheter kann zur Aufnahme von Bilddaten einer nach einer teilweisen Pulpaentfernung im Wurzelkanal verbliebenen Pulpa und/oder des Zahnzustands und/oder des verbliebenen Nervengewebes und/oder einer Wurzelkanalreinigung und/oder -vergrößerung und/oder -ausformung und/oder einer Medikation eingebracht werden.

**[0028]** So wird beispielsweise bei einer Wurzelbehandlung zunächst eine Öffnung der Krone des Zahns vorgenommen, um die Zahnpulpa freizulegen. Anschließend wird in der Regel eine erste Schicht der Pulpa entfernt, wozu ein spezieller flexibler Bohrer verwendet wird, der klein genug ist, um in den Wurzelkanal eingeführt zu werden. Anschließend wird der Bildgebungskatheter, beispielsweise ein OCT-Katheter, in den Wurzelkanal bzw. die Wurzelkanäle eingeführt, um Bilddaten der verbliebenen Pulpa aufzunehmen und dem Zahnarzt so Bildinformationen hinsichtlich einer möglichen Infektion sowie hinsichtlich von Rissen und Sprüngen im Zahn zu geben. Darüber hinaus lässt sich anhand der Bilddaten die Dicke der Pulpa und das verbleibende Nervengewebe beurteilen. Der Bildgebungskatheter kann hierzu als gegebenenfalls im Vergleich zu in Gefäße einzuführenden Kathetern kurz ausgebildeter Katheter eine Gesamtlänge von etwa 2 Metern aufweisen. Gegebenenfalls kann der Katheter mit einer größeren Steifigkeit als OCT-Katheter zur Verwendung beispielsweise bei der Bildgebung im Koronarbereich ausgebildet sein. Insbesondere kann der OCT-Katheter oder ein sonstiger Bildgebungskatheter in einem Lumen eines Bohrwerkzeugs aufgenommen sein. Es ist aber auch eine Anordnung in einem anderen Werkzeug, beispielsweise zur Nachbearbeitung des aufgebohrten Raums, möglich.

**[0029]** Anschließend wird bei der Wurzelbehandlung die Pulpa entfernt, die Wurzelkanäle werden gesäubert, vergrößert und gegebenenfalls für eine spätere Verfüllung ausgeformt. Danach kann der Bildgebungskatheter erneut in den Wurzelkanal eingeführt werden, um das Ergebnis der Säuberung und Ausformung darzustellen und Informationen über mögliche Risse oder Sprünge und die Tiefe des Wurzelkanals zu liefern. Gegebenenfalls kann dieser erneut eingeführte Bildgebungskatheter in einem anderen Werkzeug als der ursprüngliche Katheter aufgenommen sein. Anschließend wird der Innenraum des Zahns mit dem Wurzelkanal gegebenenfalls einer medikamentösen Behandlung unterzogen, um Krankheitserreger abzutöten und eine Infektion zu verhindern. Mit einem erneuten Einführen des Bildgebungskatheters, der auch gegebenenfalls während der Medikati-

on im Wurzelkanal verblieben sein kann, werden die Anordnung bzw. Ausbreitung der Medikation im Zahnbereich überprüft.

**[0030]** Die Krone des Zahns wird in der Regel mit einer vorläufigen Füllung ausgestattet, um den Zahn bis zum nächsten Zahnarztbesuch zu schützen. Der Innenraum, in dem sich die Pulpa befindet, und der Wurzelkanal werden gegebenenfalls gefüllt und versiegelt.

**[0031]** Bei einem folgenden Zahnarztbesuch wird die vorübergehende Füllung entfernt und der Raum der Pulpa und die Wurzelkanäle werden erneut gesäubert und verfüllt. Abschließend wird eine Gold- oder Porzellankrone bzw. eine andere dauerhafte Krone platziert, und die Krone des Zahns wird geeignet wieder hergestellt.

**[0032]** Je nach der speziellen Ausgestaltung des Verfahrens können einige der vorstehenden Schritte wegfallen bzw. in einer anderen Reihenfolge und/oder leicht verändert durchgeführt werden.

#### Ausführungsbeispiel

**[0033]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Ausführungsbeispiele sowie aus den Zeichnungen. Dabei zeigen:

**[0034]** [Fig. 1](#) ein erfindungsgemäßes zahnmedizinisches Werkzeug mit einem OCT-Katheter,

**[0035]** [Fig. 2](#) ein erfindungsgemäßes zahnmedizinisches Werkzeug mit einem OCT- und IVUS-Sensor,

**[0036]** [Fig. 3](#) eine Prinzipskizze zur Nutzung eines zahnmedizinischen Werkzeugs mit einem Handstück,

**[0037]** [Fig. 4](#) eine Werkzeugkonsole für ein erfindungsgemäßes zahnmedizinisches Werkzeug,

**[0038]** [Fig. 5](#) eine Übersicht zur Bilddatenaufnahme mit dem Werkzeug der [Fig. 4](#) und

**[0039]** [Fig. 6](#) die Vorgehensweise einer dreidimensionalen Datenrekonstruktion mittels eines Positions-sensorsystems.

**[0040]** In der [Fig. 1](#) ist ein erfindungsgemäßes zahnmedizinisches Werkzeug **1** mit einem OCT-Katheter dargestellt. Bei dem Werkzeug **1** handelt es sich um ein Bohrwerkzeug, das auf seiner Oberfläche **2** verschiedene Schneideelemente **3** zur Durchführung der Behandlung aufweist. Mit dem Werkzeug **1** kann beispielsweise bei einer Wurzelbehandlung die Pulpa entfernt werden.

**[0041]** Die Oberfläche **2** des Werkzeugs **1** besteht teilweise aus einem transparenten Material, durch das das Licht eines OCT-Sensors **4**, der hier vor der Spitze **5** des Werkzeugs **1** dargestellt ist, austreten kann. Der OCT-Sensor **4** ist als Drehspiegel ausgebildet, um Licht in unterschiedliche Richtungen auszusenden bzw. zu reflektieren. In einer alternativen Ausführungsform kann der OCT-Sensor als Glasfaserleitung ausgebildet sein, die sich dreht. Weiterhin ist eine Rotation in einem Glasfaserschlauch möglich. Der OCT-Sensor **4** macht sich für die Bildgebung das Prinzip des Michelson-Interferometers zu Nutze. Die Spitze **5** des Werkzeugs **1** ist mit einer hier nicht näher dargestellten Öffnung versehen, durch die der OCT-Bildgebungssensor **4** zur Erstellung von Bildaufnahmen hindurchgeführt werden kann. Im Vorfeld ist ein transparentes Fenster **6** vorgesehen, durch das die Lichtsignale des OCT-Katheters austreten und erneut aufgenommen werden können.

**[0042]** Darüber hinaus verfügt das Werkzeug **1** über ein Positionssensorsystem mit im vorderen Bereich des Werkzeugs **1** angeordneten Positionssensoren bzw. -detektoren **7**, die mit externen Positionssensoren bzw. -detektoren **8** außerhalb des Körpers des Patienten zur Positionsbestimmung in Verbindung stehen. Von den externen Positionssensoren bzw. -detektoren **8** besteht eine Verbindung **9** zu einer Schnittstelle einer Positionsbestimmungsvorrichtung.

**[0043]** Das Werkzeug **1** zum Einsatz bei Wurzelbehandlungen und dergleichen weist ein Lumen **10** auf, in dem die Signalleitungen **11** der Positionssensoren bzw. -detektoren **7** geführt sind. Daneben sind in dem Lumen **10** die Signalleitungen **12** des OCT-Sensors **4** aufgenommen.

**[0044]** Im hinteren Endbereich des Werkzeugs **1** ist ein mechanisches Verbindungssystem **13** mit einer Rotationskupplung **14** dargestellt. Daran schließt sich eine kombinierte Signalschnittstelle und Motor-einheit **15** an, die zur Weiterleitung und Aufnahme der Bildsignale des OCT-Sensors **4** dient und über die der Antrieb des OCT-Katheters gesteuert wird. Der OCT-Katheter bzw. -Sensor **4** wird dabei rotiert bzw. nach vorne oder hinten in Längsrichtung bewegt. So können im Zusammenhang mit den Systemen der Positionssensoren bzw. -detektoren **7** und **8** durch das Vorschieben bzw. Zurückziehen des Bildgebungskatheters dreidimensionale Rekonstruktionsaufnahmen erstellt werden.

**[0045]** Ein weiteres erfindungsgemäßes zahnmedizinisches Werkzeug **16** ist in der [Fig. 2](#) dargestellt. Bei dem Werkzeug **16** handelt es sich ebenfalls um einen Bohrer mit Schneideelementen **17** auf der Oberfläche **18**. Die Oberfläche **18** weist hier nicht dargestellte transparente Fenster auf, durch die das Infrarotlicht eines OCT-Sensors, der hier nicht näher

dargestellt ist, austreten kann. Darüber hinaus verfügt das Werkzeug **16** über einen IVUS-Sensor **19** für die Bilderstellung mittels Ultraschall. Durch die Kombination des OCT-Sensors mit dem IVUS-Sensor **19** ist in unterschiedlichen Bildgebungsbereichen eine optimale Bilderstellung möglich. Somit können sowohl im Nah- als auch im Fernbereich qualitativ hochwertige Bildaufnahmen angefertigt werden. Die Spitze **20** des Werkzeugs **16** weist eine Öffnung auf, durch die der OCT-Sensor hindurchgeführt werden kann, um in unterschiedlichen Bereichen vor bzw. hinter der Spitze **20** des Bohrwerkzeugs **16** Bildaufnahmen zu erstellen, die untersuchungsbegleitend ausgewertet werden können.

**[0046]** In einem Lumen **21** sind die Signalleitungen **22** aufgenommen, die zum OCT-Sensor sowie zum IWS-Sensor **19** führen bzw. die von den jeweiligen Sensoren aufgenommenen Daten an eine Signalschnittstelle und Motoreinheit **23** weiterleiten. Ein mechanisches Verbindungssystem **24** mit einer Rotationskupplung **25** ermöglicht die Durchführung von Drehbewegungen, um beispielsweise den OCT-Sensor und den IVUS-Sensor **19**, gegebenenfalls unabhängig vom OCT-Sensor, mit definierter Geschwindigkeit zu rotieren. Gleichzeitig kann automatisch oder manuell ein Vorschub bzw. ein Zurückziehen des OCT-Katheters bzw. des IVUS-Katheters erfolgen, um die Behandlung durch Bildaufnahmen in unterschiedlichen Bereichen kontinuierlich oder in bestimmten Intervallen zu überwachen.

**[0047]** In der [Fig. 3](#) ist eine Prinzipskizze zur Nutzung eines zahnmedizinischen Werkzeugs **26** mit einem Handstück **27** dargestellt. Das Werkzeug **26** wird zur Durchführung der Behandlung teilweise in den Zahn **28** eingeführt, wozu eine OCT-Sensorfaser **29** entsprechend steif ausgebildet ist, um in einen Hohlraum **30** des Zahns **28** eingeführt werden zu können. Ein Lumen **31** für die OCT-Sensorfaser **29** kann nach vorne und zurück bewegt werden, ebenso wie die OCT-Sensorfaser **29** um einige Millimeter in Längsrichtung nach vorne bzw. zurück bewegt werden kann, um dem Behandlungsverlauf zu folgen und Bilddaten des gesamten Untersuchungs- bzw. Behandlungsbereichs aufzunehmen. Hierzu ist ein mit der OCT-Sensorfaser **29** gekoppeltes Betätigungslement **32** vorgesehen, mittels dem die OCT-Sensorfaser **29** um einige Millimeter in Längsrichtung bewegt werden kann. Ein zweites Betätigungslement **33**, das ebenfalls bewegbar ausgebildet ist, wie hier durch die Pfeile **34** und **35** dargestellt, ermöglicht die Bewegung des Lumens **31**, das ebenfalls um einige Millimeter verschoben werden kann.

**[0048]** Das Betätigungslement **36** ist als Schalter ausgebildet und dient dazu, eine Rotationsbewegung der OCT-Sensorfaser **29** zu starten bzw. zu beenden. Zudem ist mit dem Betätigungslement **36** mittels mehrfacher Betätigung die Geschwindigkeit der Ro-

tation der OCT-Sensorfaser **29** veränderbar. Das Handstück **27** weist eine Länge im Bereich von 20 cm auf.

**[0049]** Der OCT-Generator und -Analysator **37** erzeugt die Signale, die für die Bildgebung zur Spitze des zahnmedizinischen Werkzeugs **26** geleitet werden, und analysiert die aufgenommenen Daten, die über die Signalleitungen eintreffen. Der OCT-Katheter weist dabei von der Spitze bis zum OCT-Generator und -Analysator **37** eine Gesamtlänge im Meterbereich auf.

**[0050]** So ist mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug **26** eine untersuchungs- und behandlungsbegleitende Bildgebung möglich, die über Betätigungslemente **32**, **33** und **36** definiert steuerbar ist.

**[0051]** In den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind eine Werkzeugkonsole **38** und eine Übersicht zur Bilddatenaufnahme mit einem erfindungsgemäßen Werkzeug dargestellt. Dazu ist die in der [Fig. 4](#) gezeigte bewegliche, auf Rollen gelagerte Werkzeugkonsole **38** vorgesehen, die über ein Display **39** sowie eine Eingabevorrichtung **40** verfügt, an der ein Nutzer Eingaben zur Steuerung des Werkzeugs bzw. des Bildgebungskahters eingeben kann. Dies erfolgt über Tasteneingaben in Kombination mit einer Maussteuerung.

**[0052]** Daneben ist ein Handstück-Applikator **41** zur Verbindung mit einem hier nicht gezeigten Werkzeug mit der Möglichkeit zur Bildgebung mittels optischer Kohärenztomographie dargestellt. Der Handstück-Applikator **41** ist, wie hier über den Pfeil **42** der [Fig. 5](#) dargestellt, mit einer Bildverarbeitungseinheit **43** verbunden, die die OCT-Signale erzeugt und die aufgenommenen Bilddaten analysiert. Die Daten der Bildverarbeitungseinheit **43** werden auf einen Datenbus **44** geleitet, an dem zudem die Systemsteuerung **45** angeschlossen ist. Daneben ist eine zentrale Spannungsversorgung **46** vorgesehen. An eine Bildnachverarbeitungseinheit **47** schließt sich ein Bild- und Datenspeicher **48** an, wobei die in dem Bild- und Datenspeicher **48** abgelegten Daten einer oder mehrerer Behandlungen bei Bedarf auf einen CD- und DVD-Brenner **49** übertragen werden können, um so in einem tragbaren Speicher für spätere Untersuchungen abgelegt zu werden. Messfunktionen **50** wie beispielsweise Durchmesser oder Tiefe eines Behandlungsbereichs werden ebenfalls bei der Bildverarbeitung berücksichtigt.

**[0053]** Der Bild- und Datenspeicher **48** steht darüber hinaus mit einer Schnittstelle **51** für Patienten- und Bilddaten in Verbindung, über die Daten mit externen Systemen bzw. weiteren Systemen in der Praxis des Arztes ausgetauscht werden können. Darüber hinaus ist die Display-Einheit **52** mit der Eingabe-einrichtung **53** gezeigt. Somit kann, wie in der [Fig. 5](#) gezeigt, mittels der Werkzeugkonsole **38** der [Fig. 4](#)

eine untersuchungsbegleitende Datenaufnahme erfolgen, die eine bessere Beurteilung des Behandlungsfortschritts ermöglicht. Die aufgenommenen Bilddaten können, wie in der **Fig. 5** gezeigt, zum Austausch mit weiteren Systemen über die Schnittstelle **51** für Patienten- und Bilddaten ausgetauscht werden bzw. zum späteren Abruf bei einer Nachfolgebehandlung oder dergleichen aus dem Bild- und Datenspeicher **48** abgerufen werden. Gegebenenfalls ist hierfür eine vorher erstellte CD oder DVD einzulegen.

**[0054]** In der **Fig. 6** ist schließlich die Vorgehensweise bei einer dreidimensionalen Datenrekonstruktion mittels eines Positionssensorsystems dargestellt. Dabei werden zunächst mit einem OCT-Bildgebungskatheter zweidimensionale Aufnahmen **54** erstellt, wobei die hier dargestellte zweidimensionale Aufnahme **54** entzündetes Nerven- und Pulpagewebe innerhalb eines Wurzelkanals zeigt. Die zweidimensionalen Aufnahmen **54** werden mit Daten **55** eines Positionssensorsystems verknüpft, um im Ergebnis einen dreidimensionalen Datensatz **56** zu erhalten, in dem der Bereich des Wurzelkanals, in welchem gegebenenfalls eine weitere Bohrung bzw. eine Säuberung durchzuführen ist, in hoher Qualität zu erkennen ist. Damit wird dem Zahnarzt die weitere Behandlung deutlich erleichtert.

### Patentansprüche

1. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkzeug (**1, 16, 26**) wenigstens ein Lumen (**10, 21, 31**) aufweist, in dem wenigstens ein Bildgebungskatheter zur Aufnahme von Bilddaten eines Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereichs aufgenommen oder aufnehmbar ist.

2. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildgebungskatheter ein Katheter für die optische Kohärenztomographie und/oder ein ultraschallbasiertes und/oder magnetresonanzbasiertes Katheter ist.

3. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (**1, 16, 26**) zumindest teilweise aus einem für ein Bildgebungssignal des Bildgebungskatheters transparenten Material besteht und/oder eine für das Bildgebungssignal transparente Öffnung aufweist.

4. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildgebungskatheter und/oder das Lumen (**10, 21, 31**) über eine Motoreinheit (**15, 23**) bewegbar sind.

5. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Handstück (**27**) vorgesehen ist, das wenigstens ein Betätigungslement (**32, 33, 36**) zur Bedienung des Bildgebungskatheters aufweist.

6. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betätigungslement (**32, 33, 36**) zur Verschiebung des Lumens (**10, 21, 31**) und/oder zur Verschiebung des Bildgebungskatheters entlang des Handstücks (**27**) und/oder zum Starten und/oder Beenden einer Drehbewegung wenigstens eines Teils des Bildgebungskatheters und/oder zur Einstellung einer Drehgeschwindigkeit und/oder Verschiebegeschwindigkeit des Bildgebungskatheters und/oder des Lumens vorgesehen ist.

7. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Positionssensorsystem, insbesondere mit einem elektromagnetischen Wirkprinzip, zur Bestimmung der zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Position wenigstens eines Teils, insbesondere einer Spalte, des Bildgebungskatheters im Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich vorgesehen ist.

8. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (**1, 16, 26**) eine Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung zur Steuerung von Bildgebungssignalen und/oder zur Verarbeitung aufgenommener Bilddaten aufweist.

9. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungs- und/oder Verarbeitungseinrichtung zur Bildaufnahme und/oder Bilddarstellung im Wesentlichen in Echtzeit und/oder zur dreidimensionalen Rekonstruktion der aufgenommenen Bilddaten und/oder zur Fusion von Bilddaten verschiedener Bildgebungstechniken ausgebildet ist.

10. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Handstück (**27**) an den Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich anpassbar und/oder austauschbar ausgebildet ist.

11. Zahnmedizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatursensor zur Bestimmung der Temperatur im Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich vorgesehen ist, insbesondere ein im Bereich einer Spalte (**20**) des Bildgebungskatheters

und/oder des Werkzeugs (1, 16, 26) angeordneter Temperatursensor.

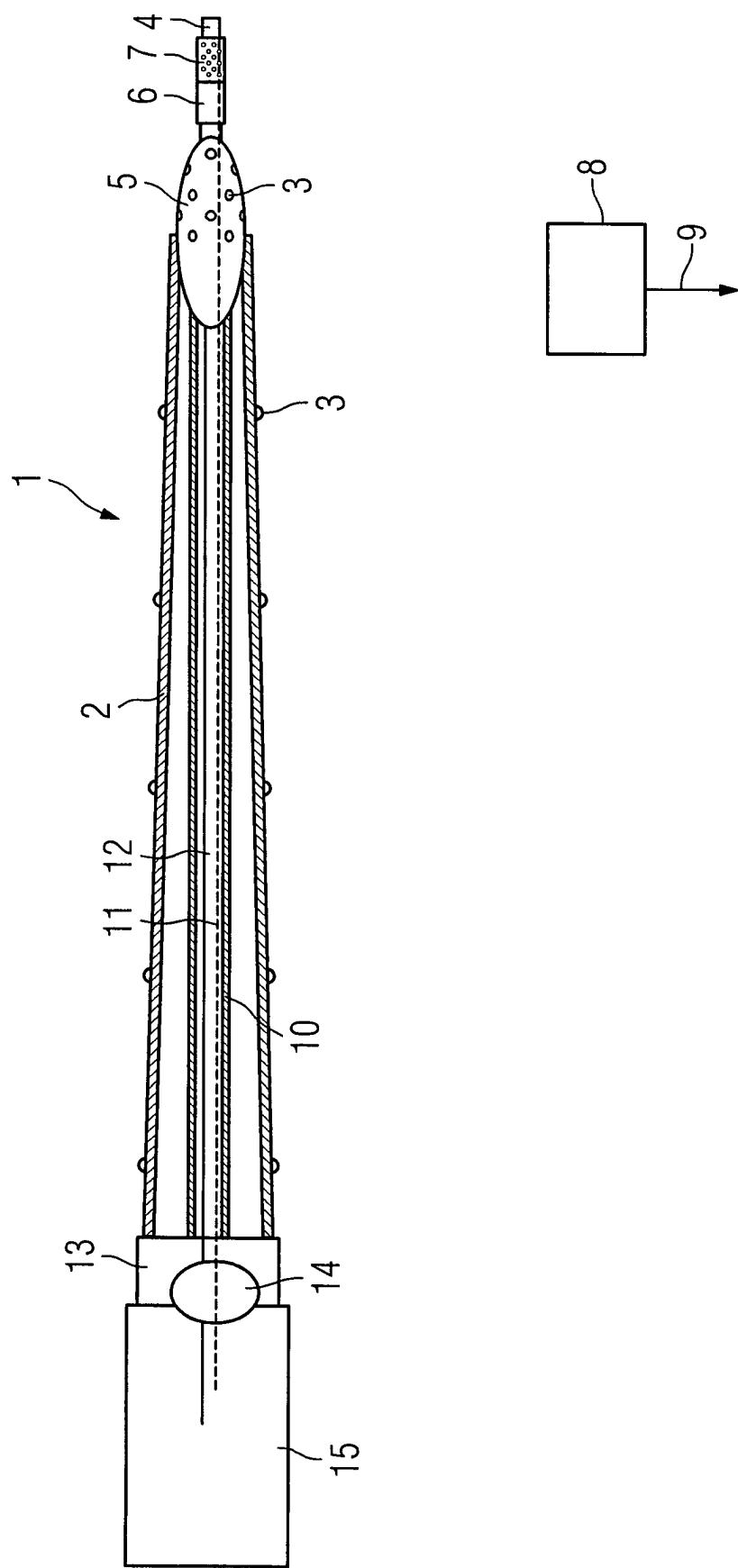
12. Verfahren zur Bilddatenaufnahme bei einer zahnmedizinischen Untersuchung und/oder Behandlung mit einem zahnmedizinischen Untersuchungs- und/oder Behandlungswerkzeug, das wenigstens ein Lumen aufweist, in dem wenigstens ein Bildgebungs- katheter zur Aufnahme von Bilddaten eines Untersuchungsbereichs aufgenommen oder aufnehmbar ist, wobei der Bildgebungs- katheter des Werkzeugs zur kontinuierlichen und/oder zeitweisen Bilddatenaufnahme in den Untersuchungs- und/oder Behandlungsbereich eingebracht wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Bilddatenaufnahme bei einer Wurzelbehandlung eines Zahns durchgeführt wird, wobei der Bildgebungskatheter zur Bilddatenaufnahme in den Bereich des Wurzelkanals des Zahns und/oder den Kronenbereich eingebracht wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildgebungskatheter zur Aufnahme von Bilddaten einer nach einer teilweisen Pulpa- entfernung im Wurzelkanal verbliebenen Pulpa und/oder des Zahnzustands und/oder des verbliebenen Nervengewebes und/oder einer Wurzelkanalrei- nigung und/oder -vergrößerung und/oder -ausfor- mung und/oder einer Medikation eingebracht wird.

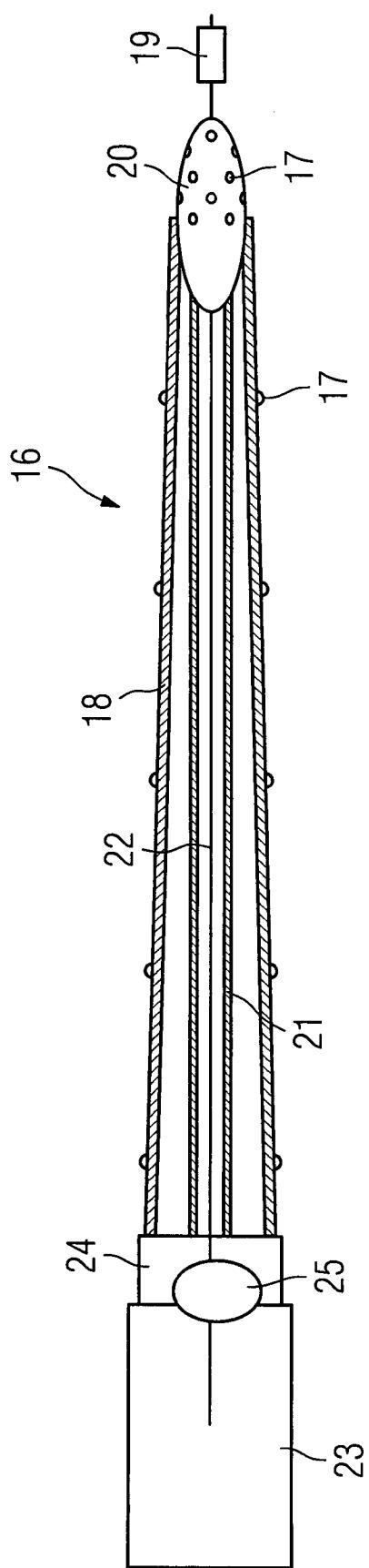
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen



1  
**FIG**

FIG 2



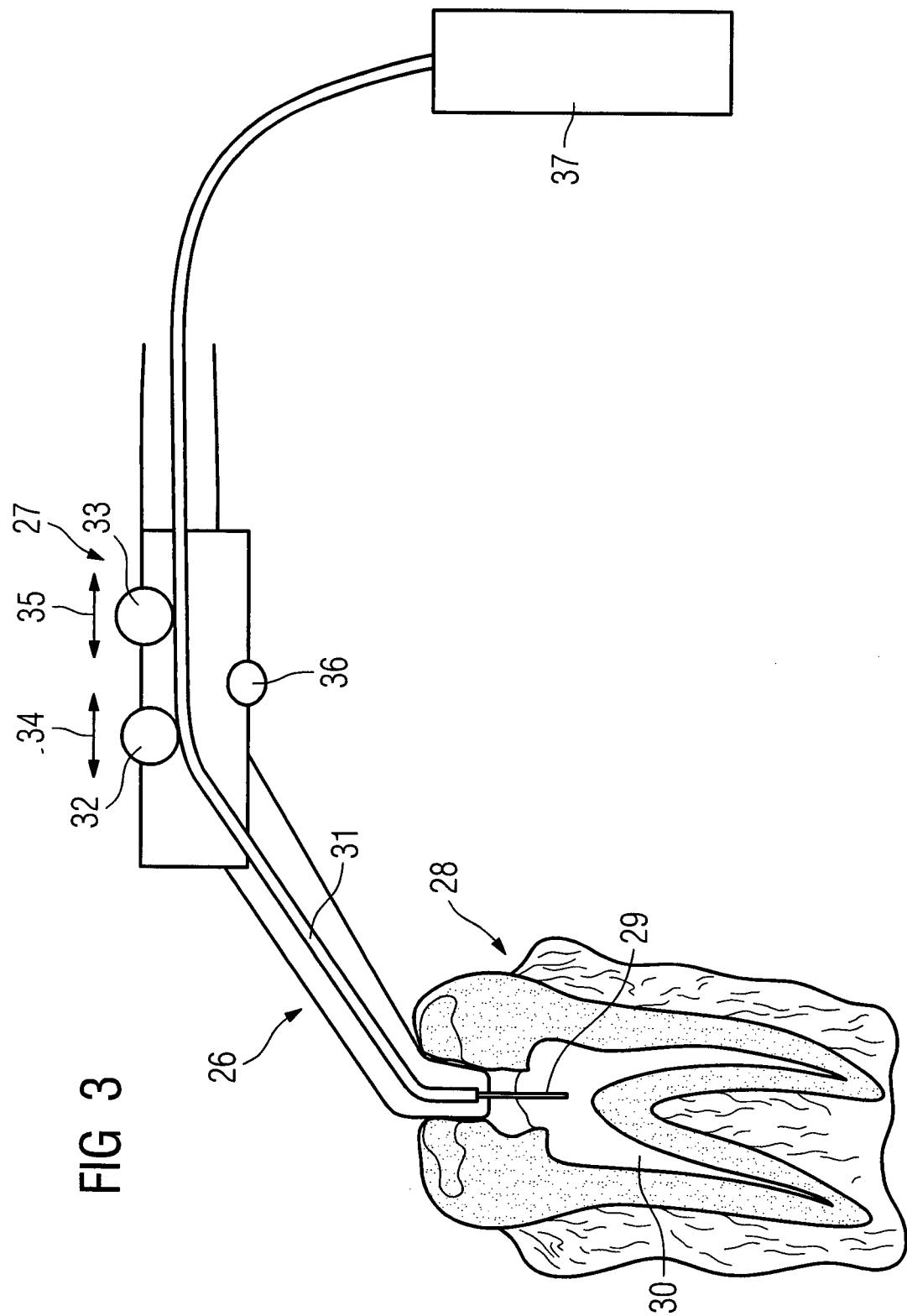


FIG 4

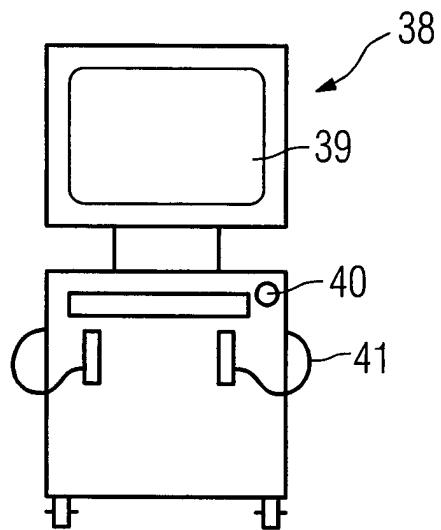
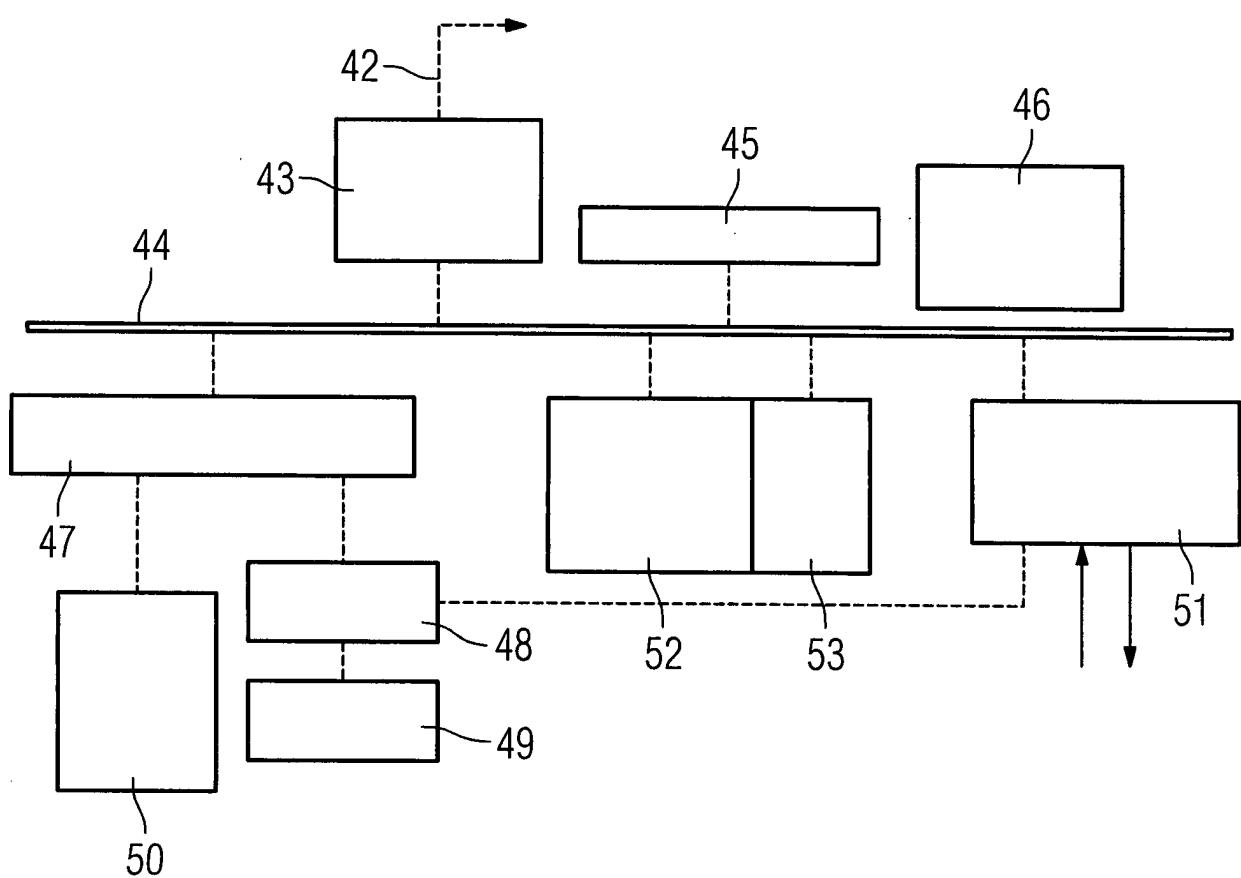


FIG 5



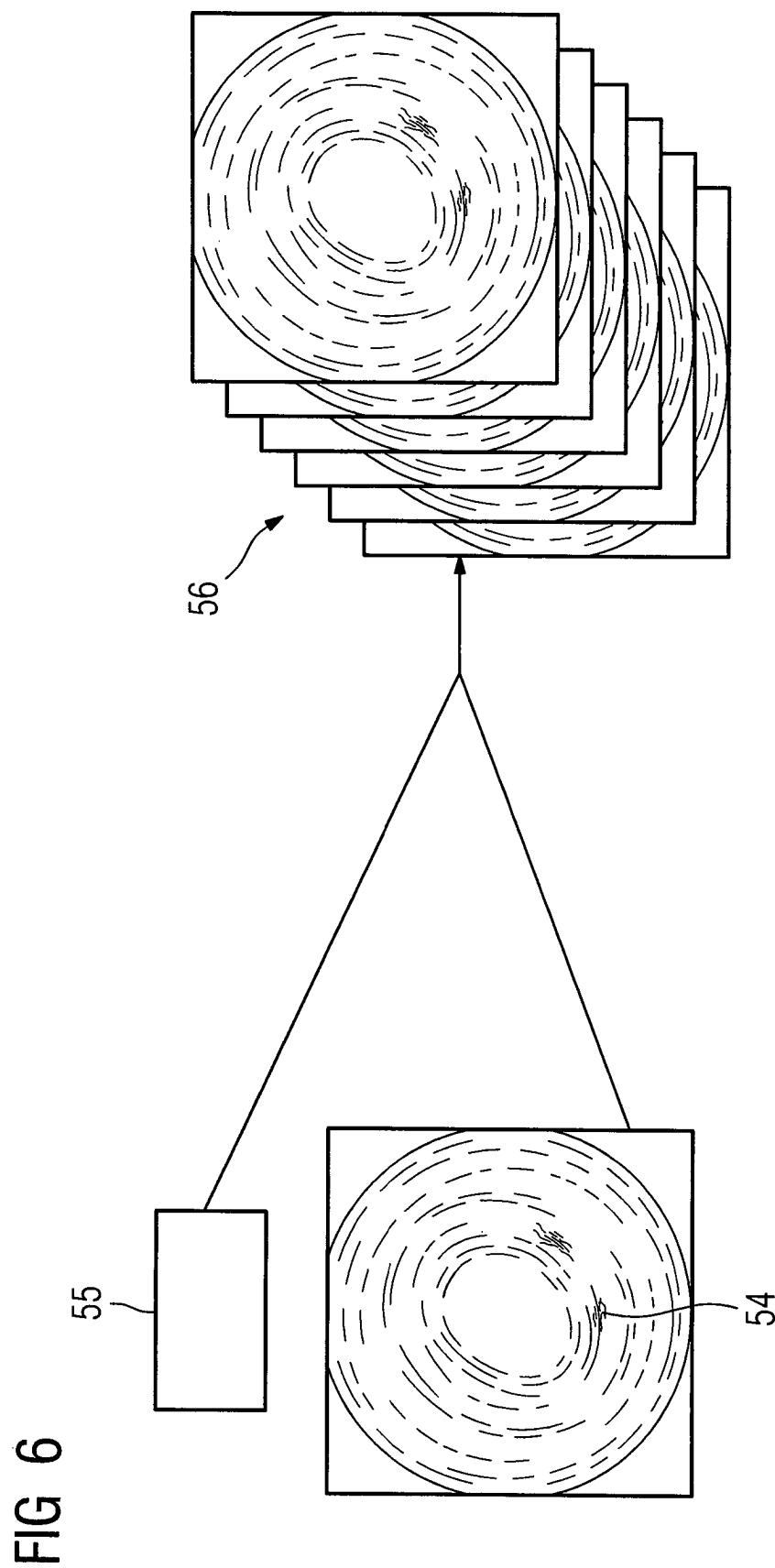


FIG 6