



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 33 668 A1 2004.02.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 33 668.7
(22) Anmeldetag: 24.07.2002
(43) Offenlegungstag: 19.02.2004

(51) Int Cl.7: G06T 17/00
A61B 5/00, A61B 19/00

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

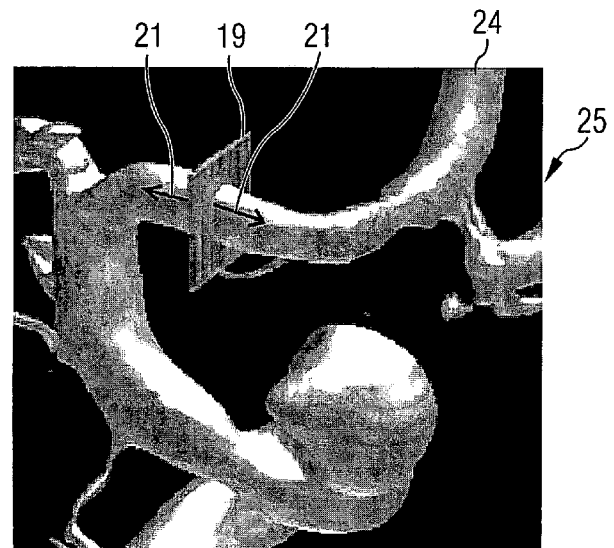
(72) Erfinder:
Heigl, Benno, 96253 Untersiemau, DE; Hornegger,
Joachim, Dr., 91083 Baiersdorf, DE; Prümmer,
Marcus, 74653 Ingelfingen, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz**

(57) Zusammenfassung: Ein Volumendatensatz beschreibt mindestens ein röhrenartiges Gefäß (24) und dessen Umgebung (25). Im Rahmen der Bearbeitung des Volumendatensatzes wird zunächst ein Arbeitspunkt (18) bestimmt. Ein Rechner ermittelt dann den Arbeitspunkt (18) enthaltende Schnittebenen und für jede der Schnittebenen eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß (24) eingeschlossene Schnittfläche. Schließlich ermittelt der Rechner die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche und anhand dieser Schnittebene eine Arbeitsschnittebene (19).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz, der mindestens ein röhrenartiges Gefäß und dessen Umgebung beschreibt.

Stand der Technik

[0002] Derartige Bearbeitungsverfahren werden insbesondere im medizinischen Bereich zur Untersuchung von Stenosen eingesetzt. Im Stand der Technik wird hierzu von einem Anwender ein Polygonzug gelegt, entlang dessen dann eine Arbeitsschnittebene verschoben wird. Die Arbeitsschnittebene verläuft dabei senkrecht zum momentan betrachteten Abschnitt des Polygonzugs. Ein beliebiges Navigieren entlang der Gefäßhauptachse in einer Gefäßstruktur ist dadurch stark eingeschränkt und bedarf einer Neuauswahl eines Polygonzugs entlang der Gefäßstruktur. Die Interaktivität zwischen automatisierter Messung und manueller Korrektur, mittels der die visuelle Auswertung den Bedürfnissen des Arztes angepasst wird, ist sehr beschränkt. Ein derartiger Workflow ist im klinisch interventionellen Umfeld inakzeptabel.

Aufgabenstellung

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz zu schaffen, mittels dessen eine erheblich komfortablere Navigation durch das Gefäß möglich ist.

[0004] Die Aufgabe wird durch ein Bearbeitungsverfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- Es wird ein Arbeitspunkt bestimmt,
- von einem Rechner werden den Arbeitspunkt enthaltende Schnittebenen ermittelt,
- vom Rechner wird für jede der Schnittebenen eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß eingeschlossene Schnittfläche ermittelt,
- vom Rechner wird die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche ermittelt, und
- vom Rechner wird anhand der Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche eine Arbeitsschnittebene ermittelt.

[0005] Denn dadurch verläuft die Arbeitsschnittebene unabhängig vom vorgegebenen Pfad stets im wesentlichen senkrecht zur lokalen Gefäßhauptachse.

[0006] Wenn vom Rechner der Schwerpunkt der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und anhand des Schwerpunkts innerhalb der Arbeitsschnittebene ein neuer Arbeitspunkt bestimmt wird, ist der Arbeitspunkt vom Rechner automatisch zum Schwerpunkt hin korrigierbar. Dabei liegt vorzugsweise der neu bestimmte Arbeitspunkt zwischen dem alten Arbeitspunkt und dem Schwerpunkt. Denn durch diese nur

teilweise Korrektur ist das Bearbeitungsverfahren stabiler gegen Rauschen und kleinere Schwankungen der Gefäßkontur.

[0007] Wenn dem Rechner von einem Anwender Kippbefehle vorgegeben werden und die Arbeitsschnittebene vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen um Kippachsen verkippt wird, ist eine manuelle Nachkorrektur der vom Rechner ermittelten Arbeitsschnittebene möglich. Vorzugsweise werden dem Rechner die Kippbefehle dabei über einen Joystick, eine Maus oder Cursortasten einer Tastatur vorgegeben. Lediglich der Vollständigkeit halber sei ferner erwähnt, dass die Kippachsen vorzugsweise senkrecht zueinander verlaufen.

[0008] Wenn dem Rechner von einem Anwender Verschiebebefehle vorgegeben werden, der Arbeitspunkt vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Verschiebebefehlen neu bestimmt wird, wobei eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt und dem neu bestimmten Arbeitspunkt senkrecht zur Arbeitsschnittebene verläuft, und vom Rechner die Arbeitsschnittebene entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten neu ermittelt wird, ist es auf einfache Weise möglich, durch Verschieben der Arbeitsschnittebene sich durch das Gefäß hindurch zu arbeiten. Die Verschiebebefehle können dabei analog zur Vorgabe der Kippbefehle über Cursortasten einer Tastatur, eine Maus oder einen Joystick vorgegeben werden.

[0009] Wenn vom Rechner eine von einem Projektionszentrum ausgehende perspektivische Projektion des Volumendatensatzes in eine Bildebene ermittelt und auf einem Sichtgerät dargestellt wird, ist der Bedeutungsinhalt des Volumendatensatzes von einem Anwender besonders einfach und intuitiv begreifbar.

[0010] Der Volumendatensatz ist noch leichter auswertbar, wenn die Arbeitsschnittebene vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt wird.

[0011] Wenn vom Rechner auf dem Sichtgerät auch ein durch die Arbeitsschnittebene bestimmter Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt wird, ist die Auswertung des Volumendatensatzes noch einfacher.

[0012] Die Bestimmung des Arbeitspunkts ist besonders einfach und für einen Anwender besonders komfortabel, wenn

- dem Rechner von einem Anwender ein Bildpunkt der Bildebene vorgegeben wird,
- vom Rechner anhand des Projektionszentrums und des Bildpunktes ein Projektionsstrahl ermittelt wird,
- vom Rechner ein Schnittpunkt des Projektionsstrahles mit dem Gefäß ermittelt wird und
- der Arbeitspunkt vom Rechner anhand des Schnittpunktes bestimmt wird.

[0013] Die Vorgabe des Bildpunkts ist dabei besonders einfach, wenn er dem Rechner durch Positionieren eines Cursors und Eingabe eines Bestätigungs-

befehls vorgegeben wird.

[0014] Alternativ zur Vorgabe des Arbeitspunkts durch einen Anwender ist es auch möglich, dass vom Rechner für eine Vielzahl von möglichen Arbeitspunkten entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt wird, vom Rechner für jede dieser minimalen Schnittflächen ein charakteristischer Wert ermittelt wird und vom Rechner anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen Werte einer der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt bestimmt wird. Der charakteristische Wert kann dabei z. B. das Flächenmaß selbst, eine Minimalerstreckung oder eine Maximalerstreckung der minimalen Schnittflächen sein.

[0015] Vorzugsweise wird derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt ermittelt, bei dem der charakteristische Wert der korrespondierenden minimalen Schnittfläche minimal ist.

[0016] Das Bearbeitungsverfahren kann dadurch noch verbessert werden, dass vom Rechner die ermittelten charakteristischen Werte als Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät mit dargestellt werden.

[0017] Die Bestimmung des Arbeitspunktes kann dabei beschleunigt werden, wenn dem Rechner von einem Anwender ein Startpunkt und ein Endpunkt derart vorgegeben werden, dass die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Startpunkts ermittelten Schnittebene mit dem Gefäß mit minimaler Schnittfläche an einem anderen Ort angeordnet ist als die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Endpunkts ermittelten Schnittebene mit dem Gefäß mit minimaler Schnittfläche und die möglichen Arbeitspunkte bezüglich des Gefäßes zwischen dem Startpunkt und dem Endpunkt liegen.

Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

[0019] **Fig. 1** einen Rechner mit seinen wesentlichen Komponenten,

[0020] **Fig. 2** schematisch eine perspektivische Darstellung eines Volumendatensatzes,

[0021] **Fig. 3** eine weitere perspektivische Darstellung des Volumendatensatzes,

[0022] **Fig. 4** schematisch die Bestimmung einer Arbeitsschnittebene,

[0023] **Fig. 5** die Darstellung von **Fig. 3** zusammen mit einer Arbeitsschnittebene,

[0024] **Fig. 6** einen Ausschnitt von **Fig. 5**,

[0025] **Fig. 7** eine ergänzende Darstellung zu **Fig. 5**,

[0026] **Fig. 8** eine weitere perspektivische Darstellung eines Volumendatensatzes und

[0027] **Fig. 9** einen funktionalen Verlauf eines charakteristischen Wertes.

[0028] Gemäß **Fig. 1** weist ein Rechner einen Datenspeicher **1** und einen Arbeitsspeicher **2** auf, die mit einer Recheneinheit **3** verbunden sind. Mit der Recheneinheit **3** sind ferner ein Sichtgerät **4**, z. B. ein Monitor **4**, sowie Eingabeeinheiten **5** bis **7** verbunden. Die Eingabeeinheiten **5** bis **7** umfassen beispielsweise eine Maus **5**, einen Joystick **6** und eine Tastatur **7**. Die Tastatur **7** umfasst insbesondere Cursortasten **8**.

[0029] Die Recheneinheit **3** arbeitet ein Computerprogrammprodukt **9** ab, mit dem der Rechner programmiert ist. Im Rahmen der Abarbeitung des Computerprogrammprodukts **9** greift die Recheneinheit **3** dabei unter anderem auf den Datenspeicher **1** und den Arbeitsspeicher **2** zu, nimmt von den Eingabeeinheiten **5** bis **7** Eingaben entgegen und liefert über das Sichtgerät **4** Ausgaben. Die Eingaben erfolgen von einem Anwender **10**, die Ausgaben erfolgen an den Anwender **10**.

[0030] Im Datenspeicher **1** ist ein Volumendatensatz abgespeichert. Der Volumendatensatz weist eine Vielzahl von Volumendatenelementen **11** auf. Jedem Volumendatenelement **11** sind drei Koordinaten x, y, z eines Koordinatensystems und ein Datenwert d zugeordnet. Das Koordinatensystem ist typischerweise ein rechtshändiges, rechtwinkliges kartesisches Koordinatensystem. Eines der Volumendatenelemente **11** ist beispielhaft in **Fig. 2** dargestellt.

[0031] Der Rechner ist in der Lage, eine zweidimensionale perspektivische Projektion in eine Bildebene **12** zu ermitteln und auf dem Sichtgerät **4** darzustellen. Dies ist schematisch in **Fig. 2** angedeutet. Die perspektivische Projektion geht dabei von einem Projektionszentrum **13** aus. Anhand von vom Projektionszentrum **13** ausgehenden Projektionsstrahlen **14** ermittelt der Rechner für eine Vielzahl von Bildpunkten **15** die zugehörigen Bilddatenwerte. Die so ermittelte perspektivische Projektion wird dann auf dem Sichtgerät **4** dargestellt.

[0032] Gemäß **Fig. 3** beschreibt der Volumendatensatz ein Gefäßsystem mit röhrenartigen Gefäßen **24** und deren Umgebung **25**. Verfahren zum Auffinden der Gefäße **24** in der Umgebung **25** anhand der Datenwerte d der Volumendatenelemente **11** sind dabei allgemein bekannt. Ebenfalls bekannt sind Verfahren, mittels derer das Gefäßsystem selbst aus der Umgebung **25** hervorhebbar bzw. die Umgebung **25** ausblendbar ist.

[0033] Vom Anwender **10** wird nun dem Rechner ein Bildpunkt **15** der Bildebene **12** vorgegeben. Dies geschieht beispielsweise dadurch, dass der Anwender **10** einen Cursor **16** positioniert und dann einen Bestätigungsbefehl eingibt. Der Cursor **16** kann beispielsweise mittels der Cursortasten **8** positioniert werden und dann eine Enter-Taste der Tastatur **7** gedrückt werden. Alternativ kann der Cursor **16** z.B. mit der Maus **5** positioniert werden und dann durch Betätigen einer Maustaste die Position bestätigt werden. In ähnlicher Weise ist auch eine Positionierung und Bestätigung mittels des Joysticks **6** möglich.

[0034] Das Projektionszentrum **13** und der ausgewählte Bildpunkt **15** definieren einen Projektionsstrahl **14**. Der Rechner ermittelt daher anhand des Projektionszentrums **13** und des Bildpunkts **15** diesen Projektionsstrahl **14** und verfolgt ihn in das Volumen hinein, bis er auf ein Gefäß **24** trifft. Wenn der Projektionsstrahl **14** auf ein Gefäß **24** trifft, entspricht dies einem Schnittpunkt **17** des Projektionsstrahls **14** mit dem Gefäß **24**. Anhand dieses Schnittpunkts **17** wird dann vom Rechner ein Arbeitspunkt **18** bestimmt. Der Arbeitspunkt **18** kann dabei insbesondere mit dem Schnittpunkt **17** identisch sein.

[0035] Ausgehend vom Arbeitspunkt **18** bestimmt der Rechner nunmehr eine Vielzahl von Richtungen innerhalb einer Halbkugel. Ein Teil dieser Richtungen ist beispielhaft in **Fig. 4** eingezeichnet. Sodann bestimmt der Rechner die zu den Richtungen senkrechten Schnittebenen durch den Arbeitspunkt **18**. Für jede dieser Schnittebenen ermittelt der Rechner dann eine Schnittfläche. Die Schnittfläche ist dabei dadurch definiert, dass sie in der jeweiligen Schnittebene enthalten ist und vom Gefäß **24** eingeschlossen ist. Durch Vergleich der Schnittflächen miteinander ermittelt der Rechner dann eine Arbeitsschnittebene **19**. Die Arbeitsschnittebene **19** ist dabei diejenige der Schnittebenen, welche die minimale Schnittfläche aufweist.

[0036] In der Praxis hat es sich als hinreichend genau erwiesen, die einzelnen Richtungen, bezüglich derer die Schnittebenen ermittelt werden, wie folgt festzulegen: Eine Richtung verläuft parallel zur z-Achse. Vier Richtungen schließen mit der z-Achse einen Winkel von $22,5^\circ$ ein und sind auf einem so definierten Kreisring gleich verteilt. Acht Richtungen schließen mit der z-Achse einen Winkel von 45° ein und sind auf einem so definierten Kreisring ebenfalls gleich verteilt. Gleiches gilt bezüglich zwölf Richtungen, die mit der z-Achse einen Winkel von $67,5^\circ$ einschließen. Ebenso sind sechzehn Richtungsvektoren, die senkrecht zur z-Achse verlaufen, jeweils um $22,5^\circ$ in der xy-Ebene gegeneinander versetzt.

[0037] Mittels diesen Richtungsvektoren wird im Regelfall mit hinreichender Genauigkeit die Arbeitsschnittebene **19** ermittelt. Gegebenenfalls kann aber auch in einem zweiten Durchlauf eine genauere Optimierung erfolgen.

[0038] Der aufgrund der Vorgabe des Bildpunktes **15** ermittelte Arbeitspunkt **18** liegt in der Regel am Rand des Gefäßes **24**. Um diesen Arbeitspunkt **18** besser zu zentrieren, wird vom Rechner der Schwerpunkt **20** der minimalen Schnittfläche ermittelt. Anhand des Schwerpunkts **20** wird dann vom Rechner innerhalb der Arbeitsschnittebene **19** ein neuer Arbeitspunkt **18'** bestimmt. Dabei liegt aus Stabilitätsgründen vorzugsweise der neu bestimmte Arbeitspunkt **18'** zwischen dem alten Arbeitspunkt **18** und dem Schwerpunkt **20**.

[0039] Wie aus der Darstellung gemäß **Fig. 5** hervorgeht, wird die Arbeitsschnittebene **19** vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt.

In **Fig. 5** sind ferner zwei Richtungspfeile **21** eingezeichnet. Diese Richtungspfeile **21** verlaufen senkrecht zur Arbeitsschnittebene **19**. In die durch die Richtungspfeile **21** angegebenen Richtungen kann die Arbeitsschnittebene **19** verschoben werden. Dies geschieht wie folgt:

Dem Rechner wird vom Anwender **10** ein Verschiebefehl vorgegeben. Die Vorgabe des Verschiebefehls erfolgt dabei wahlweise durch die Cursortasten **8**, die Maus **5** oder – vorzugsweise – über den Joystick **6**. Eine Eingabe eines Bestätigungsbefehls ist möglich, aber nicht zwingend erforderlich.

[0040] Aufgrund des Verschiebefehls bestimmt der Rechner – je nach Verschieberichtung – einen neuen Arbeitspunkt **18**. Eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt **18** bzw. **18'** und dem neu bestimmten Arbeitspunkt **18** verläuft dabei entlang der Richtungspfeile **21**, also senkrecht zur Arbeitsschnittebene **19**. Für den nunmehr neu bestimmten Arbeitspunkt **18** wird erneut entsprechend dem in Verbindung mit **Fig. 4** erläuterten Verfahren die Arbeitsschnittebene **19** bestimmt. Auch hierbei wird gegebenenfalls wieder der Arbeitspunkt **18** auf den Schwerpunkt **20** der neu ermittelten minimalen Schnittfläche zu verschoben. Dadurch nähert sich der Arbeitspunkt **18** nach und nach der Gefäßhauptachse.

[0041] Wie besonders deutlich aus **Fig. 6** ersichtlich ist, ist die Arbeitsschnittebene **19** um Kippachsen **22**, **23** kippbar. Die Kippachsen **22**, **23** schneiden sich dabei in einem rechten Winkel im Arbeitspunkt **18**. Die in **Fig. 6** dargestellten Kippachsen **22**, **23** werden dabei vorzugsweise nur dann eingeblendet, wenn der Anwender **10** dem Rechner einen Kippwunsch anzeigt. Das Anzeigen eines Kippwunsches kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der Anwender **10** einen bestimmten Vorbefehl eingibt. Betätigt der Anwender **10** beispielsweise eine bestimmte Taste der Maus **5**, des Joysticks **6** oder der Tastatur **7**, so wird dies vom Rechner dahingehend interpretiert, dass eine nachfolgende Betätigung der Cursortasten **8**, der Maus **5** oder des Joysticks **6** nicht zur Verschiebung der Arbeitsschnittebene **19** herangezogen werden soll, sondern zu deren Verkipfung. Auch die Kippbefehle selbst werden dem Rechner daher vom Anwender **10** über den Joystick **6**, die Maus **5** oder die Cursortasten **8** der Tastatur **7** vorgegeben. Entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen verkippt der Rechner dann die Arbeitsschnittebene **19** um die Kippachsen **22**, **23**. Ein Verschieben des Arbeitspunktes **18** nach einem Verkippen der Arbeitsschnittebene **19** findet aber nicht statt.

[0042] Wie aus **Fig. 7** ersichtlich ist, kann zusammen mit der perspektivischen Projektion vom Rechner auf dem Sichtgerät **4** auch ein Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt werden, der durch die Arbeitsschnittebene **19** bestimmt ist. Diese Darstellung zeigt dabei vorzugsweise nicht nur das Gefäß **24** selbst, sondern auch dessen Umgebung **25**. Ferner sind in diesen Darstellungen vorzugsweise

ein minimaler Radius **26** und ein maximaler Radius **27** zum Gefäß **24** eingezeichnet. Die Radien **26, 27** gehen dabei vom Schwerpunkt **20** aus.

[0043] Bei dem oben stehend beschriebenen Bearbeitungsverfahren wird der Arbeitspunkt **18** vom Rechner aufgrund einer eindeutigen Vorgabe durch den Benutzer **10** bestimmt. Der Arbeitspunkt **18** wird zwar gegebenenfalls nochmals innerhalb der aufgefundenen Arbeitsschnittebene **19** korrigiert, nicht aber vom Rechner selbstständig ermittelt. Es ist aber auch möglich, dass der Rechner den Arbeitspunkt **18** ausschließlich anhand des Gefäßes **24** selbst ermittelt. Dies wird nachstehend in Verbindung mit **Fig. 8** näher erläutert.

[0044] Gemäß **Fig. 8** werden dem Rechner vom Anwender **10** zunächst ein Startpunkt **28** und ein Endpunkt **29** vorgegeben. Bezüglich dieser beiden Punkte **28, 29** ermittelt der Rechner dann eine Startsnittebene **30** und eine Endsnittebene **31**. Ferner korrigiert er innerhalb der Startsnittebene **30** den Startpunkt **28** in Richtung des Schwerpunkts der Schnittfläche der ermittelten Startsnittebene **30** mit dem Gefäß **24**. Ebenso korrigiert er den Endpunkt **29** in Richtung auf den Schwerpunkt der Schnittfläche der Endsnittebene **31** mit dem Gefäß **24** zu. Die Vorgabe des Startpunkts **28**, die Ermittlung der Startsnittebene **30** sowie die Korrektur des Startpunkts **28** innerhalb der Startsnittebene **30** erfolgen völlig analog zur Vorgabe des Arbeitspunkts **18**, dem Bestimmen der Arbeitsschnittebene **19** und der Korrektur des Arbeitspunkts **18** gemäß **Fig. 4**. Die Startsnittebene **30** weist somit bezüglich des Startpunkts **28** die minimale Schnittfläche mit dem Gefäß **24** auf. Gleiches gilt für die Endsnittebene **31** und den Endpunkt **29**. Die minimalen Schnittflächen dieser Ebenen **30, 31** sind gemäß **Fig. 8** ersichtlich an voneinander verschiedenen Orten angeordnet. Durch die Vorgabe von Startpunkt **28** und Endpunkt **29** wird somit ein Bereich des Gefäßsystems vorselektiert. Innerhalb dieses Bereichs wird dann vom Rechner selbstständig der Arbeitspunkt **18** ermittelt.

[0045] Wie in **Fig. 8** durch Pfeile **32** schematisch angedeutet ist, werden vom Rechner innerhalb dieses Bereichs nacheinander eine Vielzahl von möglichen Arbeitspunkten und für jeden dieser möglichen Arbeitspunkte entsprechend dem in Verbindung mit **Fig. 4** beschriebenen Verfahren die korrespondierende mögliche Arbeitsschnittebene bestimmt. Die möglichen Arbeitspunkte liegen also bezüglich des Gefäßes **24** zwischen dem Startpunkt **28** und dem Endpunkt **29**.

[0046] Auch wird jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt. Für jede dieser minimalen Schnittflächen ermittelt der Rechner einen charakteristischen Wert. Der charakteristische Wert kann beispielsweise die Größe der Schnittfläche selbst sein. Alternativ kann sie auch mit einem der Radien **26, 27** für die jeweilige Schnittfläche korrespondieren. Anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen Werte ermittelt der Rechner

dann einen der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt **18**.

[0047] Das Bearbeitungsverfahren wird im medizinischen Bereich vorzugsweise zum Auffinden und Diagnostizieren von Stenosen, also Gefäßverengungen, verwendet. Vorzugsweise wird daher derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt **18** ermittelt, bei dem der charakteristische Wert der korrespondierenden minimalen Schnittfläche selbst wiederum minimal ist.

[0048] Wie in **Fig. 9** schematisch dargestellt ist, können die ermittelten charakteristischen Werte vom Rechner als Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät **4** mit dargestellt werden. Vorzugsweise wird dabei der tatsächliche Arbeitspunkt **18** durch eine Markierung **33** hervorgehoben.

[0049] Mittels des vorstehend beschriebenen Bearbeitungsverfahrens ist somit auf einfache Weise eine automatische Bestimmung der lokalen Gefäßorientierung (Gefäßachse) trotz Vorgabe nur eines einzigen Punktes, nämlich des Schnittpunktes **17** eines Projektionsstrahls **14** mit dem Gefäß **24**, bestimmbar. Dadurch kann die Benutzerschnittstelle zum Anwender **10** erheblich vereinfacht werden. Insbesondere kann halbautomatisch (interaktiv) oder sogar vollautomatisch auf einfache Weise eine Stenose ermittelt und dargestellt werden. Auch ein Navigieren vor und zurück ist erheblich vereinfacht. Sogar eine Korrektur der Arbeitsschnittebene **19** durch Verkippen um die Kippachsen **22, 23** ist auf einfache Weise möglich. Insbesondere die Akzeptanz eines derartigen rechnergestützten Bearbeitungsverfahrens im klinischen Umfeld kann dadurch erheblich vergrößert werden.

Patentansprüche

1. Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz, der mindestens ein röhrenartiges Gefäß (**24**) und dessen Umgebung (**25**) beschreibt,
 - wobei ein Arbeitspunkt (**18**) bestimmt wird,
 - wobei von einem Rechner den Arbeitspunkt (**18**) enthaltende Schnittebenen ermittelt werden,
 - wobei vom Rechner für jede der Schnittebenen eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß (**24**) eingeschlossene Schnittfläche ermittelt wird,
 - wobei vom Rechner die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und
 - wobei vom Rechner anhand der Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche eine Arbeitsschnittebene (**19**) ermittelt wird.
2. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rechner der Schwerpunkt (**20**) der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und anhand des Schwerpunkts (**20**) innerhalb der Arbeitsschnittebene (**19**) ein neuer Arbeitspunkt (**18'**) bestimmt wird.
3. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 2, da-

durch gekennzeichnet, dass der neu bestimmte Arbeitspunkt (18') zwischen dem alten Arbeitspunkt (18) und dem Schwerpunkt (20) liegt.

4. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rechner von einem Anwender (10) Kippbefehle vorgegeben werden und dass die Arbeitsschnittebene (19) vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen um Kippachsen (22, 23) verkippt wird.

5. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kippbefehle dem Rechner über einen Joystick (6), eine Maus (5) oder Cursortasten (8) einer Tastatur (7) vorgegeben werden.

6. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rechner von einem Anwender (10) Verschiebebefehle vorgegeben werden, dass der Arbeitspunkt (18) vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Verschiebebefehlen neu bestimmt wird, wobei eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt (18) und dem neu bestimmten Arbeitspunkt (18) senkrecht zur Arbeitsschnittebene (19) verläuft, und dass sodann vom Rechner die Arbeitsschnittebene (19) entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten neu ermittelt wird.

7. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebebefehle dem Rechner über einen Joystick (6), eine Maus (5) oder Cursortasten (8) einer Tastatur (7) vorgegeben werden.

8. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rechner eine von einem Projektionszentrum (13) ausgehende perspektivische Projektion des Volumendatensatzes in eine Bildebene (12) ermittelt und auf einem Sichtgerät (4) dargestellt wird.

9. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsschnittebene (19) vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt wird.

10. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rechner auf dem Sichtgerät (4) auch ein durch die Arbeitsschnittebene (19) bestimmter Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt wird.

11. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet,
– dass dem Rechner von einem Anwender (10) ein Bildpunkt (15) der Bildebene (12) vorgegeben wird,
– dass vom Rechner anhand des Projektionszentrums (13) und des Bildpunktes (15) ein Projektions-

strahl (14) ermittelt wird,
– dass vom Rechner ein Schnittpunkt (17) des Projektionsstrahles (14) mit dem Gefäß (24) ermittelt wird und
– dass der Arbeitspunkt (18) vom Rechner anhand des Schnittpunktes (17) bestimmt wird.

12. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildpunkt (15) dem Rechner durch Positionieren eines Cursors (16) und Eingeben eines Bestätigungsbefehls vorgegeben wird.

13. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rechner für eine Vielzahl von möglichen Arbeitspunkten entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt wird, dass vom Rechner für jede dieser Schnittebenen ein charakteristischer Wert ermittelt wird und dass vom Rechner anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen Werte einer der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt (18) bestimmt wird.

14. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der charakteristische Wert das Flächenmaß, eine Minimalerstreckung oder eine Maximalerstreckung der minimalen Schnittfläche ist.

15. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt (18) ermittelt wird, bei dem der charakteristische Wert der korrespondierenden Schnittfläche minimal ist.

16. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten charakteristischen Werte vom Rechner als Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät (4) mit dargestellt werden.

17. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet,
– dass dem Rechner von einem Anwender (10) ein Startpunkt (28) und ein Endpunkt (29) derart vorgegeben werden, dass die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Startpunktes (28) ermittelten Schnittebene (30) mit dem Gefäß (24) mit minimaler Schnittfläche an einem anderen Ort angeordnet ist als die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Endpunktes (29) ermittelten Schnittebene (31) mit dem Gefäß (24) mit minimaler Schnittfläche, und
– dass die möglichen Arbeitspunkte bezüglich des Gefäßes (24) zwischen dem Startpunkt (28) und dem Endpunkt (29) liegen.

18. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Bearbeitungsverfahrens nach einem der

obigen Ansprüche.

19. Mit einem Computerprogrammprodukt nach
Anspruch 18 programmierter Rechner.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

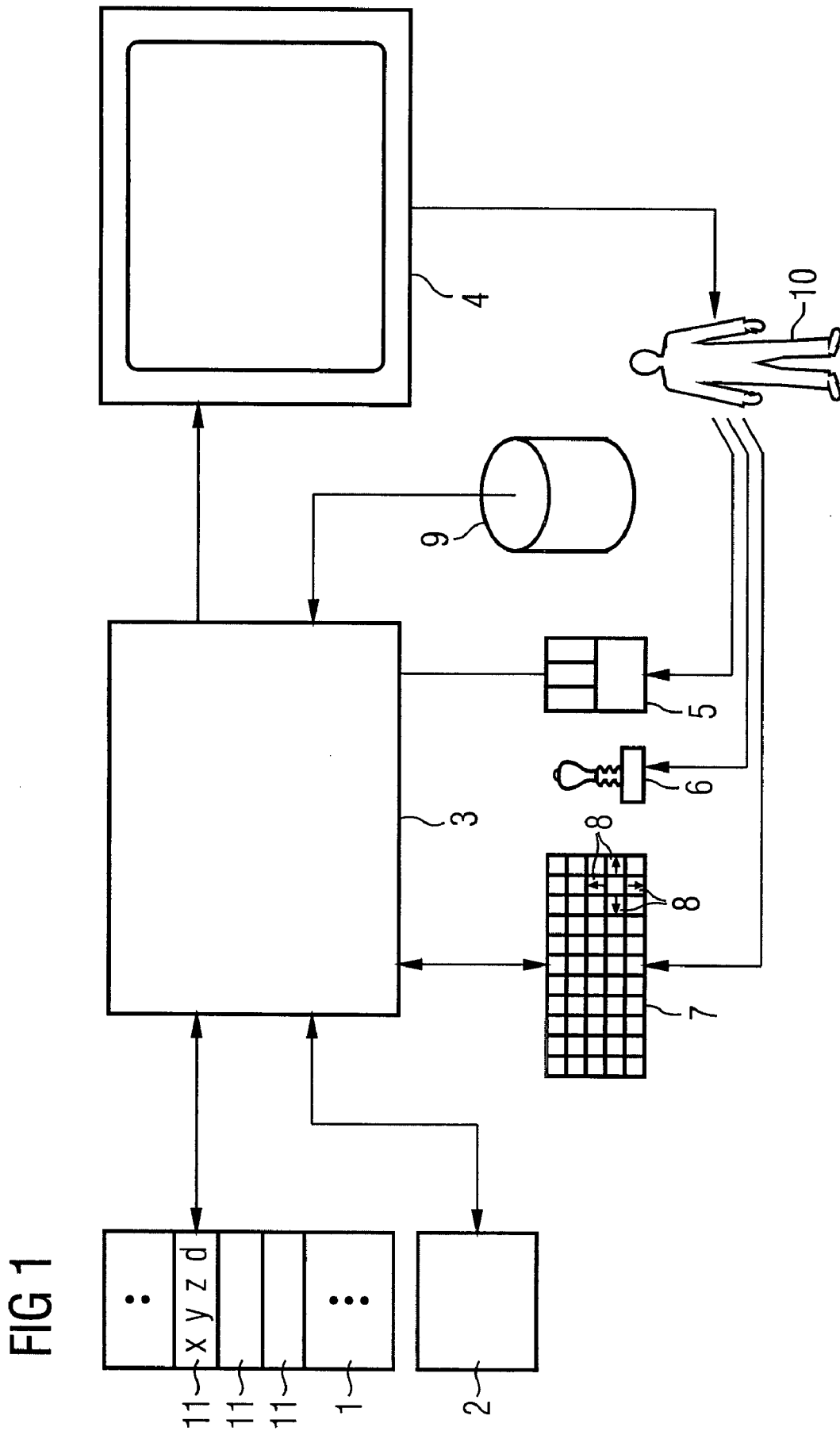


FIG 2

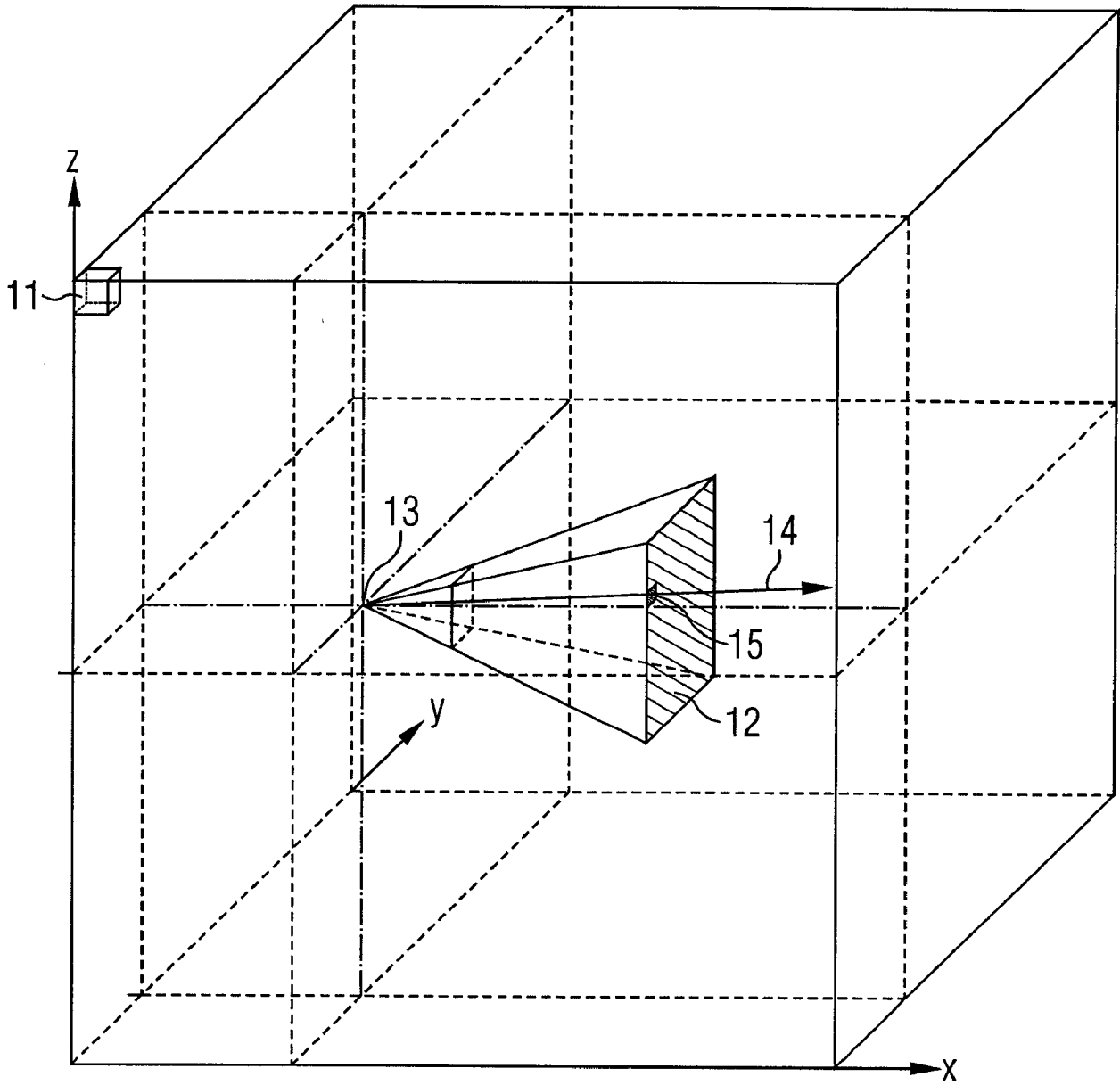


FIG 3

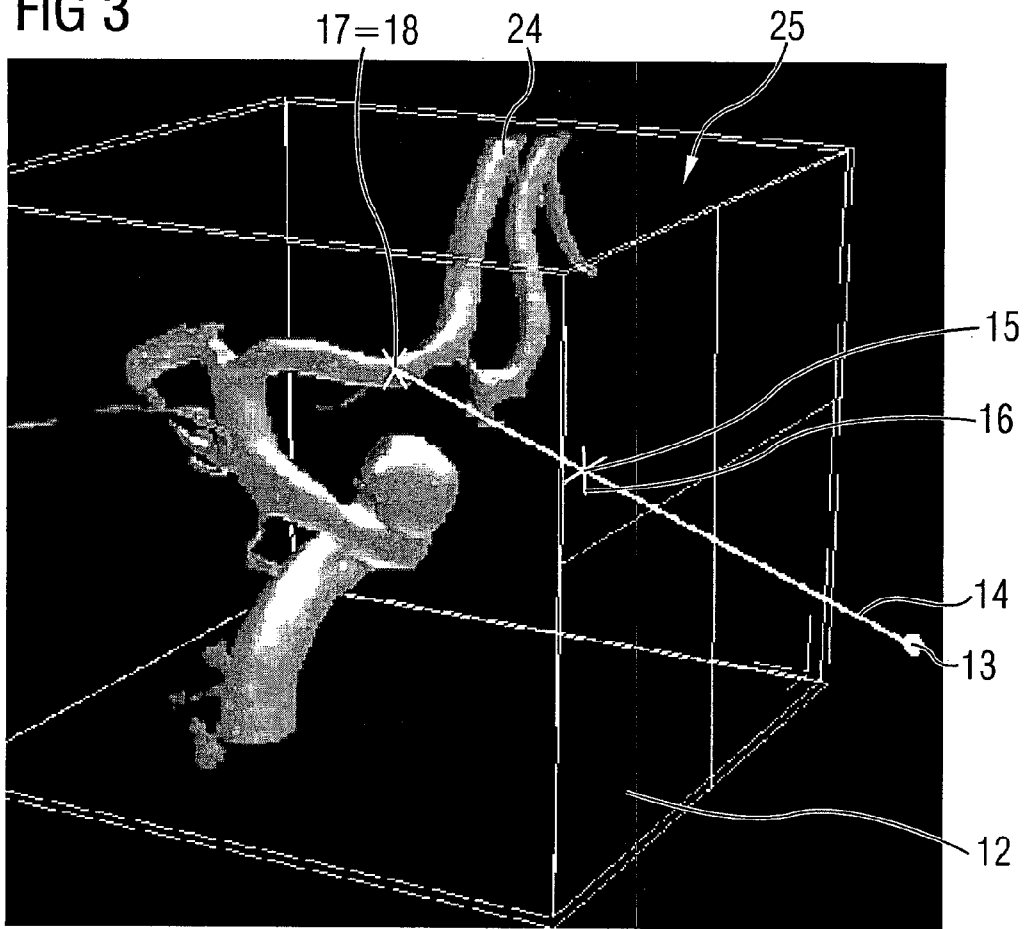


FIG 4

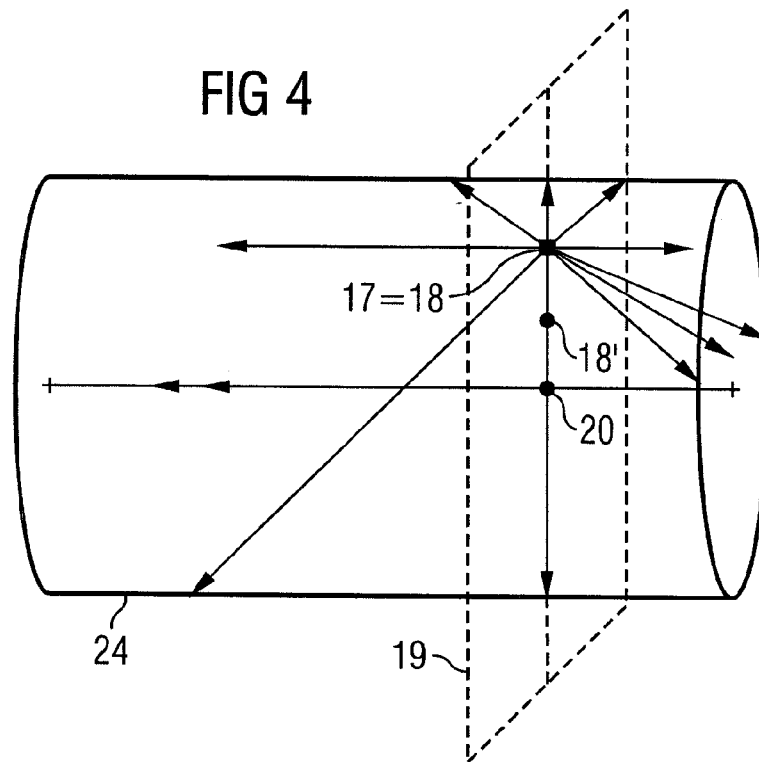


FIG 5

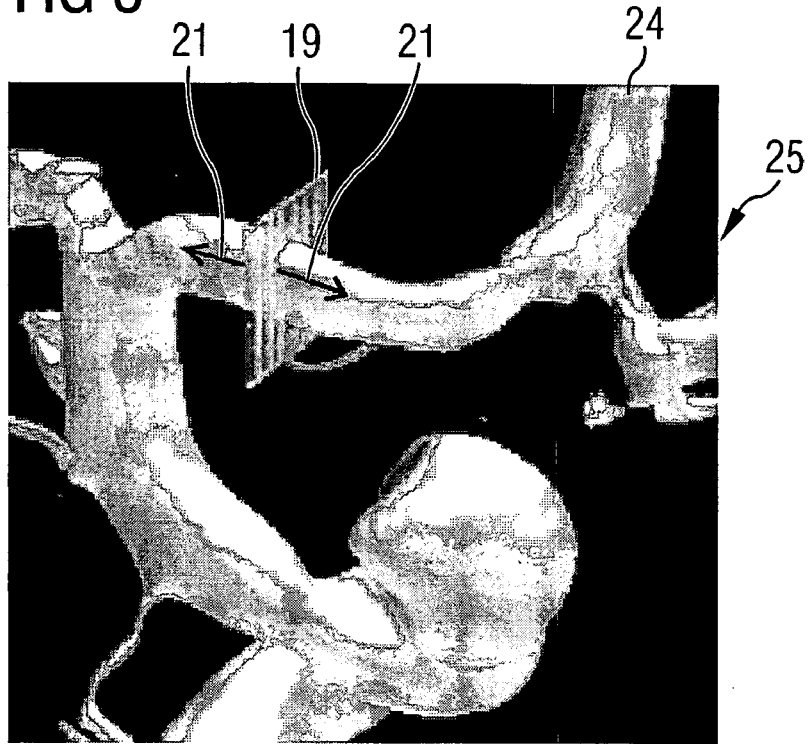


FIG 6

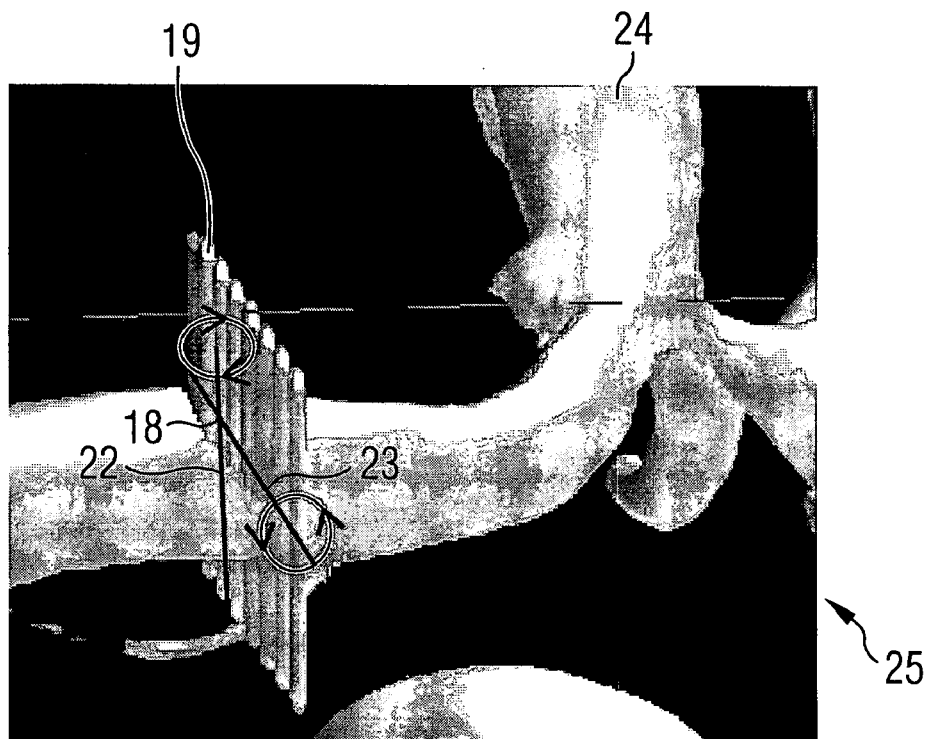


FIG 7

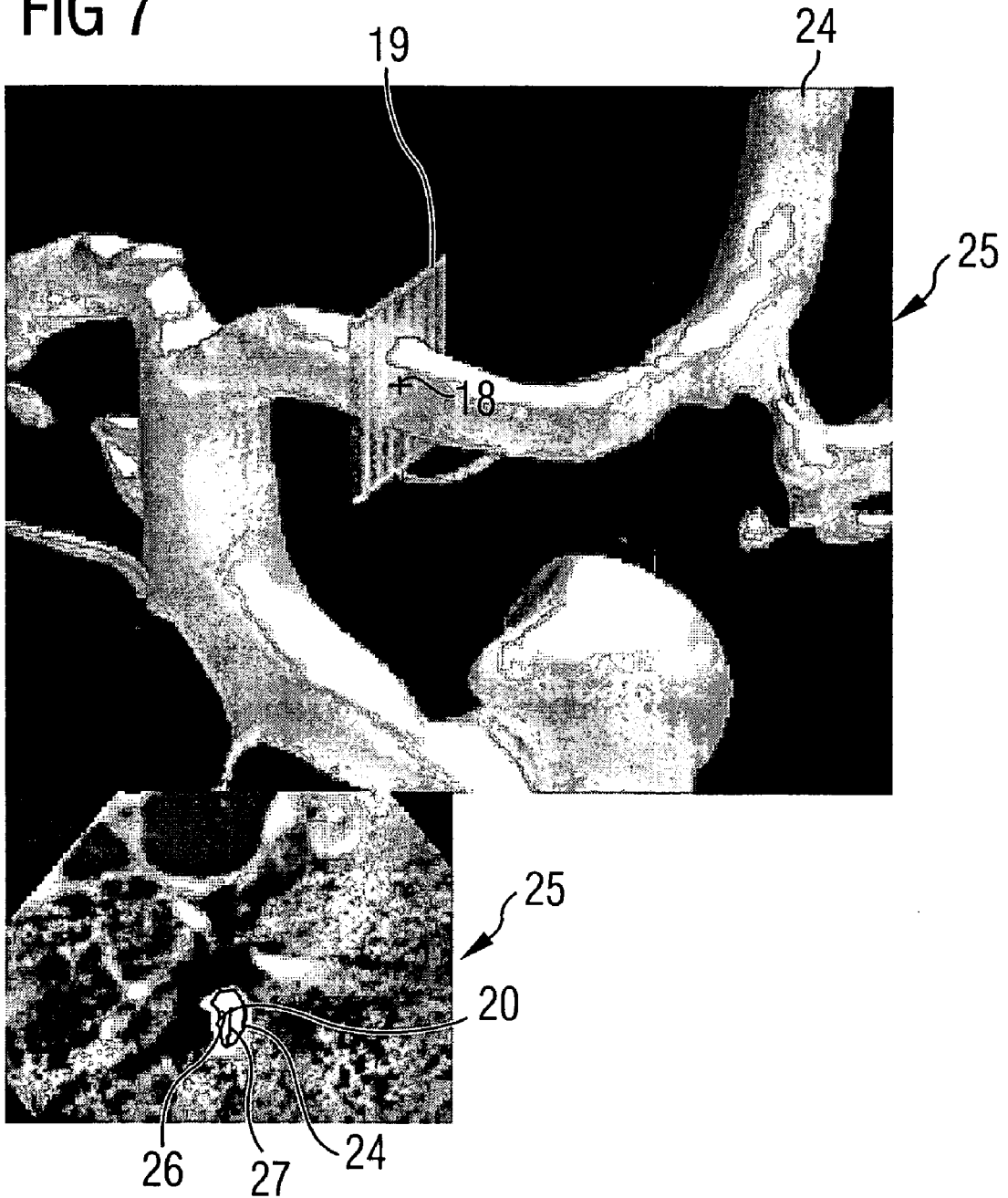


FIG 8

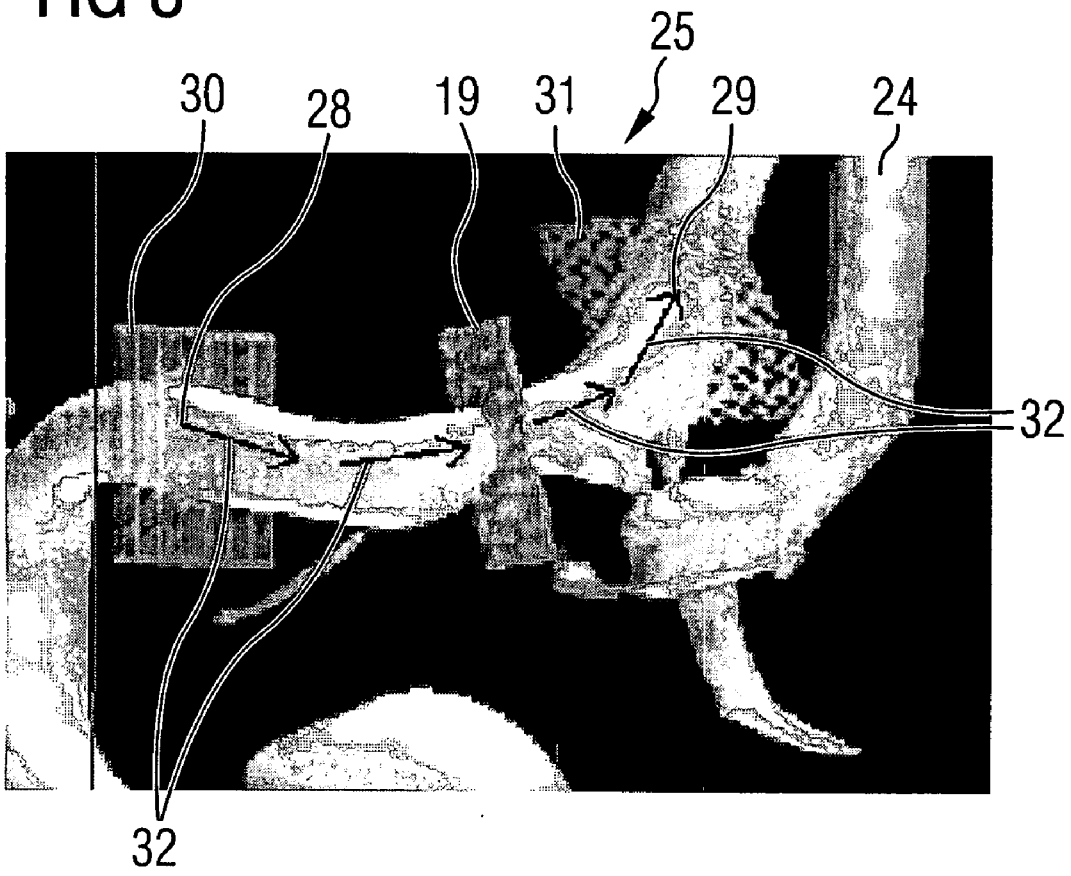


FIG 9

