



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 014 764 A1** 2009.12.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 014 764.0**

(22) Anmeldetag: **25.03.2009**

(43) Offenlegungstag: **10.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00** (2006.01)

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 8/13 (2006.01)

A61B 5/055 (2006.01)

G06T 15/00 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2008 025 537.8 28.05.2008

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

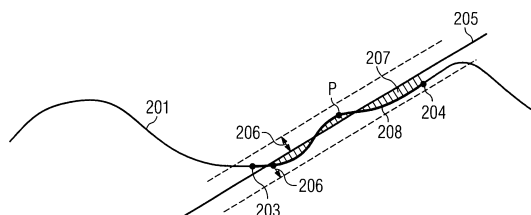
Fritz, Dominik, 76131 Karlsruhe, DE; Scheuering, Michael, Dr., 90429 Nürnberg, DE; Uebler, Johann, 90411 Nürnberg, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3D-Bildaufnahmen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3-D-Bildaufnahmen. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte: Bereitstellen von 3-D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur, in den 3-D-Bilddaten, Ermitteln einer Mittellinie (201) der tubulären anatomischen Struktur, Selektieren eines Punktes (P) der Mittellinie (201), Erzeugen eines dem Punkt (P) zugeordneten 2-D-Schnittbildes, wobei das 2-D-Schnittbild eine Schnittebene (205) in den 3-D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück (208) der Mittellinie (201), das den Punkt (P) sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt (203, 204) des Teilstücks (208) umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks (208) ein orthogonaler Abstand (207) zur Schnittebene (205) gleich oder kleiner einem vorgegebenen Wert R ist, wobei der Wert R größer als ein Wert R_{krit} gewählt wird, und wobei R_{krit} den Wert angibt, für den genau eine solche Schnittebene (205) bestimmbar ist, und visuelles Anzeigen des 2-D-Schnittbildes.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung liegt auf dem Gebiet der Medizintechnik und betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3D-Bildaufnahmen. Derartige 3D-Bildaufnahmen, bzw. entsprechende 3D-Bilddaten, lassen sich mittels bekannter bildgebender medizinischer Verfahren, wie beispielsweise der Computertomographie (CT), der Kernspinresonanztomographie (NRT), der Magnetresonanztomographie (MRT), oder der Sonographie gewinnen. Dabei wird typischerweise ein Stapel von 2D-Schnittbildaufnahmen eines Untersuchungsobjektes erzeugt, der insgesamt die 3D-Bildaufnahme bildet.

[0002] Die Befundung von medizinischen 3D-Bildaufnahmen wird heute überwiegend anhand von visuell dargestellten 2D-Schnittbildern durchgeführt, die auf Basis der aufgenommenen 3D-Bilddaten erzeugt werden. Diese Praxis findet auch dann Anwendung, wenn die in den 3D-Bildaufnahmen zu analysierenden Strukturen eine tubuläre Geometrie aufweisen. Beispiele tubulärer Strukturen sind tubuläre Hohlgänge, wie das Kolon, oder Gefäße, wie bspw. die Aorta oder die Koronargefäße. In den letzt genannten Fällen steht bei der Befundung der tubulären Strukturen insbesondere die Analyse von krankhaften Veränderungen, zumeist an den Innenwänden der tubulären Struktur im Mittelpunkt. Als Beispiel sei hier eine stenotische Region in einem Gefäßabschnitt genannt. Aus medizinischer Sicht gilt es dabei herauszufinden, in wieweit die verengte Region einen Einfluss auf die medizinische Gesamtfunktion des Gefäßabschnitts hat. Im vorliegenden Beispiel der Gefäßverengung bedeutet dies, dass der Arzt die 3D-Bildaufnahme dahingehend analysiert, ob trotz Gefäßverengung durch das Gefäß noch genügend Blut fließen kann, damit bspw. der Herzmuskel noch ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird.

[0003] Für die Befundung von tubulären Strukturen wird im Stand der Technik, in den aufgenommenen 3D-Bilddaten eine Mittellinie (engl. „centerline“) ermittelt, die die in den 3D-Bilddaten abgebildete 3-dimensionale tubuläre Struktur repräsentiert. Hierzu werden im Stand der Technik bekannte Skelettierungs- oder Verdünnungsverfahren verwendet. Diese Mittellinie dient dabei als Pfad für die Visualisierung mit 2D-Schnittbildern. Das heißt, zu einem manuell selektierbaren Punkt der Mittellinie (zu jedem zur Mittellinie gehörenden Bildvoxel) werden im Allgemeinen ein im selektierten Punkt orthogonal zur Mittellinie stehendes 2D-Querschnittsbild (engl. „Cross Section“) der tubulären Struktur und zwei 2D-Schnittbilder mit tangentialen Schnittebenen berechnet und visuell angezeigt. Zumeist stehen alle drei Ebenen senkrecht zu einander. Durch wiederholtes Selektieren von Punkten der Mittellinie werden entsprechen-

de, den jeweils selektierten Punkt enthaltende 2D-Schnittbilder erzeugt und angezeigt. Insbesondere beim kontinuierlichen Selektieren nebeneinander liegender Punkte der Mittellinie, entsprechend bspw. eines kontinuierlichen Vor- und Zurückbewegens entlang des Pfades, kann die tubuläre Struktur mittels der dabei jeweils angezeigten 2D-Schnittbilder befundet werden.

[0004] Das Problem bei dieser Vorgehensweise ist jedoch, dass vor allem bei stark gekrümmten tubulären Strukturen oder auch bei tubulären Strukturen, die ihre Krümmung zwar schwach, aber häufig ändern, die beschriebenen 2D-Schnittbilder (Tangentialebenen) beim „kontinuierlichen Abfahren des Pfades“ von Bild zu Bild sehr stark „springen“. Somit wird die Anzeigeverlauf beim kontinuierlichen Durchlaufen der Struktur sehr unruhig, was vom befundenden Arzt eine erhöhte Aufmerksamkeit erfordert und die Gefahr von Fehlinterpretationen der angezeigten 2D-Schnittbilder erhöht.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3D-Bildaufnahmen anzugeben, bei dem die vorstehend beschriebenen Probleme vermieden werden und ein schnelleres und zuverlässigeres Befunden tubulären anatomischen Strukturen ermöglicht wird.

[0006] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 und der Vorrichtung gemäß Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3D-Bildaufnahmen folgende Schritte:

[0008] Schritt a):

Bereitstellen von 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur. Die 3D-Bilddaten sind dabei typischerweise mittels eines bildgebenden medizinischen Verfahrens, bspw. der Computer-Kernspinresonanztomographie, oder der Sonographie erzeugt worden. Grundsätzlich lässt sich das Verfahren auf alle 3D-Bilddaten anwenden, in denen tubuläre Strukturen abgebildet sind, die untersucht werden sollen.

[0009] Schritt b):

In den 3D-Bilddaten Ermitteln einer Mittellinie der tubulären anatomischen Struktur. Im Stand der Technik sind hierzu anwendbare Verfahren bekannt. Vorteilhafterweise erfolgt das Ermitteln der Mittellinie mittels Skelettieren oder Verdünnen der 3D-Bilddaten. In besonders bevorzugter Weise erfolgt das Ermitteln der Mittellinie mittels Segmentieren und anschließendem

Skelettieren der 3D-Bilddaten.

[0010] Schritt c):

Selektieren eines Punktes P der Mittellinie. Das Selektieren des Punktes P kann automatisiert oder vorzugsweise durch manuelle Eingabe einer Bedienperson erfolgen. In letzterem Fall wird vorzugsweise zuvor die in den 3D-Bilddaten ermittelte Mittellinie visuell angezeigt. Die Bedienperson kann somit interaktiv den Punkt P auf der Mittellinie der tubulären Struktur auswählen. Vorzugsweise erfolgt das Selektieren des Punktes P durch eine Bedienperson mittels einer Eingabeeinheit, bspw. einer Computer-Mouse, einer Tastatur, einer Sprachsteuerungseinheit etc.

[0011] Schritt d):

Erzeugen eines dem Punkt P zugeordneten 2D-Schnittbildes. Dabei repräsentiert das hierbei erzeugte 2D-Schnittbild eine Schnittebene in den 3D-Bilddaten, die relativ zu einem Teilstück der Mittellinie, das den Punkt P sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt des Teilstücks umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks ein orthogonaler Abstand zur Schnittebene kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R ist. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass in diesem Dokument unter orthogonalem Abstand ein Abstand verstanden wird, der auf der Schnittebene senkrecht steht. Der Wert R wird erfindungsgemäß so gewählt, dass er größer als ein Wert R_{krit} ist, wobei R_{krit} den Wert von R angibt, für den genau eine solche Schnittebene gemäß vorstehenden Bedingungen ermittelbar ist. (Anmerkung: für R kleiner als R_{krit} lässt sich keine Schnittebene ermitteln, die den angegebenen Bedingungen genügt.)

[0012] In besonders vorteilhafter Weise wird der Wert R derart gewählt, dass R kleiner oder gleich dem maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang des Teilstücks ist, insbesondere dass R kleiner oder gleich der Hälfte dieses maximalen Querschnittsradius ist. Natürlich ist R dabei stets größer als R_{krit} . Damit wird sichergestellt, dass das 2D-Schnittbild entlang des betrachteten Teilstücks der Mittellinie innerhalb der tubulären Struktur verläuft und so insbesondere eine optimale Befundung bspw. von inneren Gefäßwänden möglich ist.

[0013] In diesem Verfahrensschritt d) erfolgt damit zunächst ein Vorgeben eines Teilstücks (Ausschnitts) der Mittellinie durch Festlegen eines Teilstückanfangs- und Teilstückendpunktes auf der Mittellinie. Zur Festlegung (Vorgabe) des Teilstücks ergeben sich folgende vorteilhaften Ausführungsformen des Verfahrens.

[0014] Das Festlegen oder Vorgeben des Teilstückanfangspunktes und/oder des Teilstückendpunktes kann manuell durch eine Bedienperson oder automatisiert in Abhängigkeit des Punktes P erfolgen. In be-

sonders vorteilhafter Weise werden der Teilstückanfangspunkt und der Teilstückendpunkt derart vorgegeben, dass der Punkt P entlang der Mittellinie gleich weit vom Teilstückanfangspunkt und vom Teilstückendpunkt entfernt ist. In einer alternativen Ausführungsform werden der Teilstückanfangspunkt und/oder der Teilstückendpunkt automatisiert in Abhängigkeit von der Wahl des Punktes P, den Werten R und R_{krit} vorgegeben. Ist die Mittellinie stark gekrümmt, so werden bspw. der Teilstückanfangspunkt und/oder der Teilstückendpunkt in Abhängigkeit des Punktes P so verändert, dass dadurch die Länge des Teilstücks verkleinert wird, bis bei dem gegebenen R unter den erfindungsgemäßen vorstehend angegebenen Bedingungen eine Schnittebene bestimmbar ist.

[0015] In einer alternativen Ausführungsform ist der Teilstückanfangspunkt oder der Teilstückendpunkt identisch mit dem Punkt P. Weiterhin kann der Abstand zwischen Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt entlang der Mittellinie vorteilhafterweise abhängig vom maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang der Mittellinie vorgegeben werden. In besonders vorteilhafter Weise wird als Abstand zwischen Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt entlang der Mittellinie das 5- bis 50-fache, vorteilhafterweise das 20-fache, insbesondere das 10-fache, des maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang der Mittellinie vorgegeben.

[0016] Schritt e):

Visuelles Anzeigen des erzeugten 2D-Schnittbildes. Dies erfolgt typischer Weise auf einem Monitor oder Bildschirm. Natürlich eignen sich hierfür weitere, dem Fachmann bekannte Anzeigemittel.

[0017] Zusätzlich zu der vorstehend in Schritt d) beschriebenen abstandsabhängigen Ermittlung eines 2D-Schnittbildes, wird in vorteilhafter Weise die dreidimensionale Orientierung der Schnittebene des 2D-Schnittbildes mittels einer Hauptkomponentenanalyse aller Mittellinienpunkte des Teilstücks festgelegt. Dabei wird die 3D-Orientierung der Schnittebene durch jene zwei, als Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse erhaltenen Vektoren definiert, die die größte und zweitgrößte räumliche Varianz der Mittellinienpunkte des Teilstücks repräsentieren.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann die Festlegung der 3D-Orientierung der Schnittebene in Schritt d) mittels eines gütemaßabhängigen Optimierungsverfahrens durchgeführt werden. Dabei kann das Gütemaß ein oder mehrere Parameter umfassen. So wird in einer ersten Ausführungsvariante als Gütemaß die Anzahl der Mittellinienpunkte des Teilstücks verwendet, deren orthogonaler Abstand zur Schnittebene kleiner als ein vorgebbarer Wert r mit $R_{krit} < r < R$ ist. Angewandt auf die 3D-Bilddaten entspricht die Anzahl dieser Mittellinienpunkte, einer entsprechen-

den Anzahl von Bildvoxeln, die das Teilstück der Mittellinie in den 3D-Bilddaten repräsentieren.

[0019] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante wird das Verfahren nach dem Schritt e) beginnend mit Schritt c) erneut wiederholt durchlaufen. Dadurch ist insbesondere eine kontinuierliche Visualisierung der tubulären Struktur entlang der in Schritt b) erzeugten Mittellinie möglich, ohne dass ein „Springen“ bzw. schnelle Richtungsänderungen zwischen den in Schritt e) angezeigten 2D-Schnittbildern entsteht.

[0020] In einer weiteren Ausführungsvariante wird im Schritt d) ein gütemaßabhängiges Optimierungsverfahren zur Bestimmung einer 3D-Orientierung der Schnittebene 1 durchgeführt, wobei als Gütemaß ein Winkel α zwischen einer ersten 2D-Schnittebenenormalen und einer zweiten 2D-Schnittebenenormalen verwendet wird, wobei sich die erste 2D-Schnittebenenormale auf ein, in Schritt e) bereits angezeigtes erstes 2D-Schnittbild bezieht, und sich die zweite 2D-Schnittebenenormale auf ein, in einem dem Schritt e) nachfolgenden Schritt d) erzeugtes zweites 2D-Schnittbild mit einer zweiten Schnittebene bezieht, und wobei die 3D-Orientierung des zweiten Schnittebene derart bestimmt wird, dass der Winkel α minimiert wird.

[0021] Zusätzlich zu dem erfindungsgemäß erzeugten, dem Punkt P zugeordneten 2D-Schnittbild, kann in Schritt d) ein dem Punkt P zugeordnetes 2D-Querschnittsbild erzeugt und in Schritt e) angezeigt werden, wobei das 2D-Querschnittsbild in den 3D-Bilddaten eine Schnittebene repräsentiert, die im Punkt P orthogonal zur Mittellinie der tubulären Struktur ausgerichtet ist. Vorteilhafter Weise werden in Schritt d) für den Punkt P zwei 2D-Schnittbilder und ein 2D-Querschnittsbild erzeugt. Eine einfache Interpretierbarkeit der erzeugten 2D-Schnittbilder ergibt sich, wenn die zuvor genannten zwei 2D-Schnittbilder und das 2D-Querschnittsbild jeweils Schnittebenen in den 3D-Bilddaten aufweisen, die orthogonal zueinander angeordnet sind.

[0022] Das beschriebene Verfahren hat den Vorzug, dass bei einer Befundung entlang der Mittellinie der tubulären anatomischer Strukturen ein „Springen“ aufeinanderfolgender Anzeigen von 2D-Schnittbildern bzw. schnelle Richtungswechsel vermieden werden. Zugleich ergibt sich eine optimale Ansicht der untersuchten tubulären Struktur. Damit wird insgesamt ein schnelleres, weniger fehleranfälliges, benutzerfreundliches und damit effizienteres Befunden ermöglicht.

[0023] Die auf die Vorrichtung bezogene Aufgabe wird mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 21 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0024] Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, aus medizinischen 3D-Bildaufnahmen, zumindest folgende Einheiten:

- Ein Speichermodul mit dem 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur gespeichert werden,
- ein erstes Modul mit dem basierend auf den 3D-Bilddaten eine Mittellinie der tubulären anatomischen Struktur ermittelt wird,
- ein zweites Modul mit der ein Punkt P auf der Mittellinie selektiert wird,
- eine drittes Modul mit dem aus den 3D-Bilddaten ein dem Punkt P zugeordnetes 2D-Schnittbild erzeugt wird, wobei das 2D-Schnittbild eine Schnittebene in den 3D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück der Mittellinie, das die Punkt P sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt des Teilstücks umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks ein orthogonaler Abstand zur Schnittebene kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R ist, wobei der Wert R größer als ein Wert R_{krit} gewählt ist, und wobei R_{krit} den Wert von R angibt, für den genau eine solche Schnittebene bestimmbar ist, und
- ein Anzeigegerät mit dem das der Position P zugeordnete 2D-Schnittbild visuell dargestellt wird.

[0025] In einer Ausführungsvariante der Vorrichtung ist das erste Modul derart gestaltet, dass mit dem ersten Modul zur Ermittlung der Mittellinie eine Segmentierung und eine anschließende Skelettierung der 3D-Bilddaten durchgeführt werden.

[0026] In einer Ausführungsvariante der Vorrichtung, ist das zweite Modul derart gestaltet, dass der Punkt P durch eine Bedienperson selektierbar ist. Hierzu kann das zweite Modul ein Eingabeeinheit aufweisen oder mit einer solchen verbindbar sein.

[0027] In einer weiteren Ausführungsvariante der Vorrichtung ist das dritte Modul derart gestaltet, dass der Teilstückanfangspunkt und/oder der Teilstückendpunkt durch eine Bedienperson selektierbar sind. Hierzu kann das dritte Modul ein Eingabeeinheit aufweisen oder mit einer solchen verbindbar sein.

[0028] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist das dritte Modul derart gestaltet, dass der Teilstückanfangspunkt und/oder der Teilstückendpunkt automatisiert in Abhängigkeit von dem Punkt P selektierbar sind. Hierfür kann das dritte Modul eine Rechneinheit aufweisen. Vorzugsweise ist das dritte Modul derart gestaltet, dass der Teilstückanfangspunkt und der Teilstückendpunkt derart vorgebbar sind, dass der Punkt P entlang der Mittellinie gleich weit vom Teilstückanfangspunkt und

vom Teilstückendpunkt entfernt ist. Alternativ hierzu ist das dritte Modul derart gestaltet, dass der Teilstückanfangspunkt und der Teilstückendpunkt derart vorgebar sind, dass der Punkt P mit dem Teilstückanfangspunkt oder dem Teilstückendpunkt identisch ist. In einer besonders bevorzugten weiteren alternativen Ausführungsform der Vorrichtung ist das dritte Modul derart gestaltet, dass der Abstand zwischen Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt entlang der Mittellinie abhängig vom maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang des Teilstücks vorgebar ist. Insbesondere kann das dritte Modul derart ausgeführt und eingerichtet sein, dass der Teilstückanfangspunkt und/oder der Teilstückendpunkt automatisiert in Abhängigkeit von dem Punkt P, den Werten R und R_{krit} vorgegeben wird.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das dritte Modul derart ausgeführt, dass auf Basis der 3D-Bilddaten zusätzlich ein dem Punkt P zugeordnetes 2D-Querschnittsbild erzeugbar ist, wobei das 2D-Querschnittsbild in den 3D-Bilddaten eine Schnittebene repräsentiert, die an dem Punkt P orthogonal zur Mittellinie der tubulären anatomischen Struktur ausgerichtet ist.

[0030] Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gemäß den Unteransprüchen sind in den folgenden schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

[0031] [Fig. 1](#) ein Ablaufschema des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0032] [Fig. 2](#) eine schematisierte 2D-Darstellung der im Verfahrensschritt b) ermittelten Mittellinie der tubulären Struktur sowie einer erfindungsgemäß erzeugten 2D-Schnittebene, und

[0033] [Fig. 3](#) einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0034] [Fig. 1](#) zeigt schematisch die Abfolge der Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens **100** zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen in medizinischen 3D-Bildaufnahmen. In Schritt **101** erfolgt ein Bereitstellen von 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur. In Schritt **102** erfolgt ein Ermitteln einer Mittellinie **201** der tubulären anatomischen Struktur in den 3D-Bilddaten. In Schritt **104** erfolgt ein Selektieren eines Punktes P der Mittellinie **201**. In Schritt **105** erfolgt ein Erzeugen eines, dem Punkt P zugeordneten 2D-Schnittbildes, wobei das 2D-Schnittbild eine Schnittebene **205** in den 3D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück **208** der Mittellinie **201**, das den Punkt P sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt **203**, **204** des Teilstücks **208** umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt

des Teilstücks **208** ein orthogonaler Abstand **207** zur Schnittebene **205** kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R ist. Dabei wird der Wert R größer als ein Wert R_{krit} gewählt, wobei R_{krit} den Wert von R angibt, für den genau eine solche Schnittebene **205** bestimmbar ist. Die 3D-Orientierung der Schnittebene **205** wird mittels Hauptkomponentenanalyse aller Mittellinienpunkte des Teilstücks **208** bestimmt, wobei die 3D-Orientierung durch jene zwei dabei erhaltenen Vektoren definiert wird, die die größte und zweitgrößte räumliche Varianz der Mittellinienpunkte des Teilstücks **208** repräsentieren. Durch Vorgabe der 3D-Orientierung und des Wertes R kann eindeutig eine Schnittebene in den 3D-Bilddaten ermittelt werden.

[0035] In Schritt **106** erfolgt ein visuelles Anzeigen des ermittelten 2D-Schnittbildes. Nach dem visuellen Anzeigen des 2D-Schnittbildes wird das Verfahren beginnend mit Schritt **104** wiederholt ausgeführt. Das Bezugszeichen **107** kennzeichnet den sich wiederholenden Verfahrensablauf.

[0036] In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante erfolgt das Selektieren des Punktes P in Verfahrensschritt **104** in Form eines kontinuierlichen Wanderns entlang des Teilstücks **208** der Mittellinie **201**, wobei das Wandern in zwei Richtungen möglich ist. Dieses „Entlangwandern“ an der Mittellinie **201** wird vorzugsweise von einer Bedienerperson mittels eines Eingabemittels, wie bspw. einer Computer-Mouse, gesteuert bzw. veranlasst.

[0037] [Fig. 2](#) zeigt eine schematisierte 2D-Darstellung der in Verfahrensschritt b) ermittelten Mittellinie **201** der tubulären Struktur sowie einer erfindungsgemäß erzeugten 2D-Schnittebene **205**. Die Darstellung veranschaulicht somit die die Verhältnisse nach Ausführung des Verfahrensschrittes d). Die tubuläre anatomische Struktur wird nach dem Skelettieren/Verdünnen durch seine Mittellinie **201** repräsentiert. Auf der Mittellinie wurde der Punkt P selektiert. Der Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt **203**, **204** wurden automatisch derart selektiert, dass der Punkt P entlang der Mittellinie **201** gleich weit entfernt vom Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt **203**, **204** liegt. Das so definierte Teilstück **208** der Mittellinie **201** wird in der Darstellung durch eine größere Strichstärke der Mittellinie **201** hervorgehoben. Die gestrichelten Linien kennzeichnen den Bereich, für den gilt, dass der orthogonale Abstand zwischen den Mittellinienpunkten des Teilstücks **208** zur Schnittebene **205** kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R (Bezugszeichen **206**) ist. Anhand der schraffierten Bereiche **207** zwischen dem Teilstück **208** und der Schnittebene **205** wird der jeweilige orthogonale Abstand zwischen den Mittellinienpunkten des Teilstücks **208** zur Schnittebene **205** veranschaulicht.

[0038] [Fig. 3](#) zeigt den schematischen Aufbau einer

erfindungsgemäßen Vorrichtung **300** zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen in medizinischen 3D-Bildaufnahmen. Die Vorrichtung umfasst ein Speichermodul **301** mit dem 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur gespeichert werden, ein erstes Modul **302** mit dem basierend auf den 3D-Bilddaten eine Mittellinie **201** der tubulären anatomischen Struktur ermittelt wird, ein zweites Modul **303** mit der ein Punkt P auf der Mittellinie **201** selektiert wird, eine drittes Modul **304** mit dem aus den 3D-Bilddaten ein dem Punkt (P) zugeordnetes 2D-Schnittbild erzeugt wird, wobei das 2D-Schnittbild eine Schnittebene **205** in den 3D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück **208** der Mittellinie **201**, das die Punkt P sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt **203**, **204** des Teilstücks **208** umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks **208** ein orthogonaler Abstand **207** zur Schnittebene **205** kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R ist zugeordnete 2D-Schnittbild visuell dargestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, in medizinischen 3D-Bildaufnahmen mit folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen von 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur,
- b) in den 3D-Bilddaten Ermitteln einer Mittellinie (**201**) der tubulären anatomischen Struktur,
- c) Selektieren eines Punktes (P) der Mittellinie (**201**),
- d) Erzeugen eines dem Punkt (P) zugeordneten 2D-Schnittbildes, wobei das 2D-Schnittbild eine Schnittebene (**205**) in den 3D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück (**208**) der Mittellinie (**201**), das den Punkt (P) sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt (**203**, **204**) des Teilstücks (**208**) umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks (**208**) ein orthogonaler Abstand (**207**) zur Schnittebene (**205**) gleich oder kleiner einem vorgegebenen Wert R ist, wobei R größer als ein Wert R_{krit} gewählt wird, und wobei R_{krit} den Wert von R angibt, für den genau eine solche Schnittebene (**205**) bestimmbar ist, und
- e) visuelles Anzeigen des 2D-Schnittbildes.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor Schritt c) ein Schritt b1) durchgeführt wird, in dem eine Anzeige der in Schritt b) ermittelten Mittellinie (**201**) erfolgt.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach Schritt e) das Verfahren beginnend mit Schritt c) erneut durchlaufen wird.

4. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach Schritt e) das Verfahren beginnend mit Schritt b1) erneut durchlaufen wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) eine Hauptkomponentenanalyse aller Mittellinienpunkte des Teilstücks (**208**) zur Bestimmung einer 3D-Orientierung der Schnittebene (**205**) durchgeführt wird, wobei die 3D-Orientierung durch jene zwei dabei erhaltenen Vektoren definiert wird, die die größte und zweitgrößte räumliche Varianz der Mittellinienpunkte des Teilstücks (**208**) repräsentieren.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) ein gütemaßabhängiges Optimierungsverfahren zur Bestimmung einer 3D-Orientierung der Schnittebene (**205**) durchgeführt wird, wobei als Gütemaß ein Winkel α zwischen einer ersten 2D-Schnittebenennormalen und einer zweiten 2D-Schnittebenennormalen verwendet wird, wobei sich die erste 2D-Schnittebenennormale auf ein, in Schritt e) bereits angezeigtes erstes 2D-Schnittbild bezieht, und sich die zweite 2D-Schnittebenennormale auf ein, in einem dem Schritt e) nachfolgenden Schritt d) erzeugtes zweites 2D-Schnittbild mit einer zweiten Schnittebene bezieht, und wobei die 3D-Orientierung des zweiten Schnittebene (**205**) derart bestimmt wird, dass der Winkel α minimiert wird.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilstückanfangspunkt und der Teilstückendpunkt (**203**, **204**) derart vorgegeben werden, dass der Punkt (P) entlang der Mittellinie (**201**) gleich weit vom Teilstückanfangspunkt und vom Teilstückendpunkt (**203**, **204**) entfernt ist.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt (**203**, **204**) entlang der Mittellinie (**201**) abhängig vom maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang der Mittellinie (**201**) vorgegeben wird.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Abstand zwischen Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt (**203**, **204**) entlang der Mittellinie (**201**) das 5- bis 50-fache, vorteilhafter Weise das 20-fache, insbesondere das 10-fache, des maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang der Mittellinie (**201**) vorgegeben wird.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) zusätzlich ein dem Punkt (P) zugeordnetes 2D-Querschnittsbild erzeugt und in Schritt e) angezeigt wird, wobei das 2D-Querschnittsbild in den 3D-Bilddaten eine Schnittebene (**205**) repräsentiert, die an dem Punkt (P) orthogonal zur Mittellinie (**201**) der tubulären Struktur ausgerichtet ist.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, dadurch ge-

kennzeichnet, dass in Schritt d) für den Punkt (P) zwei 2D-Schnittbilder und das 2D-Querschnittsbild erzeugt werden.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei 2D-Schnittbilder und das 2D-Querschnittsbild jeweils Schnittebenen (**205**) in den 3D-Bilddaten aufweisen, die orthogonal zueinander angeordnet sind.

13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert R derart gewählt wird, dass der Wert R kleiner oder gleich dem maximalen Querschnittsradius der tubulären Struktur entlang des Teilstücks (**208**) ist, insbesondere dass der Wert R gleich oder kleiner der Hälfte des maximalen Querschnittsradius ist.

14. Vorrichtung zur Visualisierung tubulärer anatomischer Strukturen, insbesondere Gefäßstrukturen, aus medizinischen 3D-Bildaufnahmen, umfassend:

- ein Speichermodul (**301**) mit dem 3D-Bilddaten der tubulären anatomischen Struktur gespeichert werden,
- ein erstes Modul (**302**) mit dem basierend auf den 3D-Bilddaten eine Mittellinie (**201**) der tubulären anatomischen Struktur ermittelt wird,
- ein zweites Modul (**303**) mit der ein Punkt (P) auf der Mittellinie (**201**) selektiert wird,
- ein drittes Modul (**304**) mit dem aus den 3D-Bilddaten ein dem Punkt (P) zugeordnetes 2D-Schnittbild erzeugt wird, wobei das 2D-Schnittbild eine Schnittebene (**205**) in den 3D-Bilddaten repräsentiert, die relativ zu einem Teilstück (**208**) der Mittellinie (**201**), das die Punkt (P) sowie einen vorgebbaren Teilstückanfangs- und Teilstückendpunkt (**203**, **204**) des Teilstücks (**208**) umfasst, derart angeordnet ist, dass für jeden Mittellinienpunkt des Teilstücks (**208**) ein orthogonaler Abstand (**207**) zur Schnittebene (**205**) kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert R ist, wobei R größer als ein Wert R_{krit} gewählt ist, und wobei R_{krit} den Wert von R angibt, für den genau eine solche Schnittebene (**205**) bestimmbar ist, und
- ein Anzeigegerät (**305**) mit dem das der Position (P) zugeordnete 2D-Schnittbild visuell dargestellt wird.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Modul (**304**) derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass der Teilstückanfangspunkt (**203**) und/oder der Teilstückendpunkt (**204**) automatisiert in Abhängigkeit von dem Punkt (P), von R und von R_{krit} vorgegeben wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

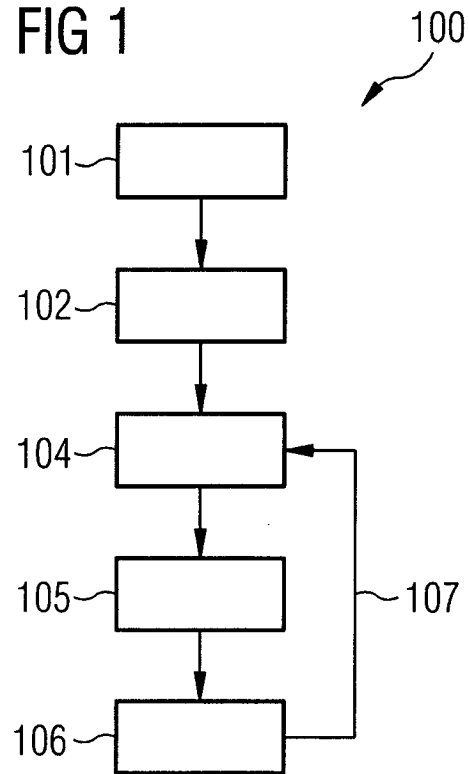


FIG 2

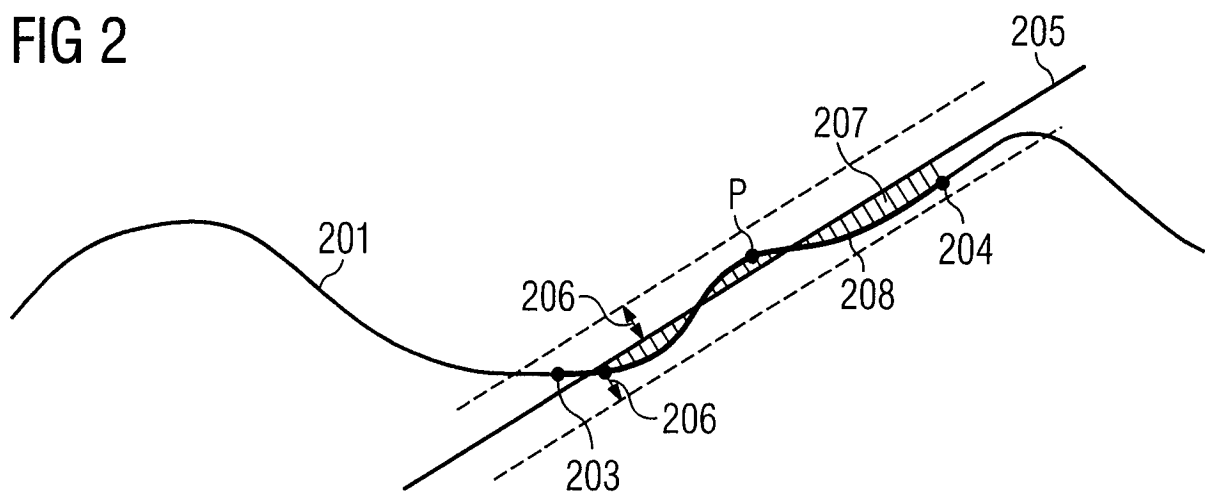


FIG 3

