



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 19 546 A1** 2004.11.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 19 546.7**
 (22) Anmeldetag: **30.04.2003**
 (43) Offenlegungstag: **25.11.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 6/03**
A61B 5/055

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

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

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

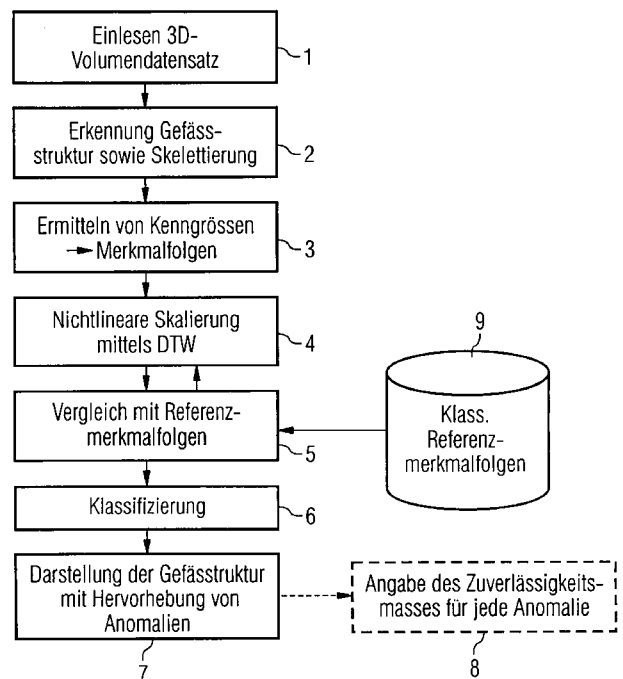
DE 695 22 844
US 58 91 030
WO 01/80 185
WO 00/45 326

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen, bei dem ein 3-D-Volumendatensatz einer bildgebenden 3-D-Messung der Gefäßstruktur (16) bereitgestellt wird und durch eine Auswerteeinrichtung (13, 14) die Gefäßstruktur (16) in dem Volumendatensatz erkannt und anschließend skelettiert wird, um einen dreidimensionalen Verlauf von Skelettierungspfaden (17) zu erhalten, entlang der Skelettierungspfade (17) Kenngrößen der Gefäßstruktur (16) als Merkmale ermittelt werden, die für eine zu detektierende Anomalie signifikant sind, um eine oder mehrere Merkmalfolgen zu erhalten, die ermittelten Merkmalfolgen durch nichtlineare Abbildung und Vergleich mit Referenzmerkmalfolgen klassifiziert werden, die für unterschiedliche Klassen von bekannten Gefäßstrukturen mit unterschiedlichen Anomalien und ohne Anomalien ermittelt wurden, und der Klassifizierung entsprechende Anomalien kenntlich gemacht werden. Mit dem vorliegenden Verfahren sowie der zugehörigen Vorrichtung lässt sich eine vollautomatische Erkennung von Anomalien beliebiger in 3-D-Volumendatensätzen enthaltener Gefäßstrukturen durchführen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen, bei dem ein 3D-Volumendatensatz einer bildgebenden 3D-Messung der Gefäßstruktur bereitgestellt und Kenngrößen der Gefäßstruktur ermittelt werden, um Anomalien erkennen zu können.

Stand der Technik

[0002] Moderne dreidimensionale Bildgebungsverfahren in der Medizin ermöglichen die Erfassung und Darstellung von Gefäßstrukturen eines Patienten sowohl in dreidimensionaler Ansicht als auch in Schnittbildansicht bei beliebig wählbaren Schnittebenen. Durch quantitative Auswertung der mit den Bildgebungsverfahren erhaltenen 3D-Volumendatensätze lassen sich Gefäßstrukturen vermessen und relevante Kenngrößen dieser Gefäßstrukturen bestimmen. Derartige Kenngrößen können bspw. der Verlauf der Gefäßschnittfläche, die Gefäßabschnittslänge, Gefäßverzweigungen oder die Krümmung des Gefäßes sein. Diese Kenngrößen können mit Mitteln der Datenverarbeitung automatisch aus dem Volumendatensatz gewonnen und dazu verwendet werden, Gefäße mit pathologischem Befund zu erkennen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei Gefäßverengungen (Stenosen) und Gefäßerverweiterungen (Aneurysmen).

[0003] Zur Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen aus 3D-Volumendatensätzen ist es erforderlich, die ermittelten Kenngrößen mit Referenzgrößen zu vergleichen um über das Vorliegen oder Nichtvorliegen einer Anomalie entscheiden zu können. In bisherigen Anwendungen müssen diese Referenzgrößen manuell bestimmt werden, um eine Quantifizierung, bspw. den Grad einer Stenose, eines vom Anwender festgelegten Gefäßabschnittes vornehmen zu können. Diese bisher eingesetzte Technik der Detektion von Anomalien anhand der Bilddaten ist jedoch sehr aufwendig.

Aufgabenstellung

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen anzugeben, das sich mit verringertem Zeitaufwand für den Anwender durchführen lässt.

[0005] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren sowie der Vorrichtung gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0006] Bei dem vorliegenden Verfahren zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen wird zunächst ein 3D-Volumendatensatz einer bildgebenden 3D-Messung der Gefäßstruktur bereitgestellt. Die nachfolgenden Schritte werden vollautomatisch durch eine Auswerteeinrichtung durchgeführt, die beispielsweise Teil einer Datenverarbeitungsanlage sein kann. Zunächst wird die Gefäßstruktur in dem Volumendatensatz z.B. anhand von Dichtewerten erkannt und skelettiert, um einen dreidimensionalen Verlauf von Skelettierungspfaden zu erhalten. Entlang der Skelettierungspfade werden Kenngrößen der Gefäßstruktur als Merkmale ermittelt, die für eine zu detektierende Anomalie signifikant sind, um eine oder mehrere Merkmalfolgen zu erhalten. Die ermittelten Merkmalfolgen werden durch Vergleich mit Referenzmerkmalfolgen klassifiziert, die für unterschiedliche Klassen von bekannten Gefäßstrukturen – Gefäßstrukturen mit unterschiedlichen Anomalien sowie Gefäßstrukturen ohne Anomalien – ermittelt wurden. Bei diesem Vergleich werden die ermittelten Merkmalfolgen nichtlinear abgebildet, um lokal unterschiedliche Ausdehnungen von Gefäßabschnitten der zu untersuchenden Gefäßstruktur und der Gefäßstrukturen für die Referenzmerkmalfolgen anzupassen. Die nichtlineare Abbildung erfolgt auf Basis der Merkmalfolgen und Referenzmerkmalfolgen. Schließlich werden der Klassifizierung entsprechende Anomalien dem Anwender kenntlich gemacht.

[0007] Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst eine Datenverarbeitungsanlage mit einem Erfassungsmodul, das in einem eingelesenen 3D-Volumendatensatz eine Gefäßstruktur erkennt, diese skelettiert sowie entlang der Skelettierungspfade vorgebbare Kenngrößen der Gefäßstruktur als Merkmale ermittelt und als Merkmalfolgen bereitstellt. Die Datenverarbeitungsanlage umfasst weiterhin ein Skalierungs- und Vergleichsmodul, in dem die ermittelten Merkmalfolgen nichtlinear abgebildet bzw. skaliert werden, um die Ausdehnung der untersuchten Gefäßstruktur lokal an die Ausdehnung von Referenzgefäßstrukturen anzupassen sowie zum Vergleich der skalierten Merkmalfolgen mit den Referenzmerkmalfolgen, um die ermittelten Merkmalfolgen zu klassifizieren und der Klassifizierung entsprechende Anomalien kenntlich zu machen. Die Datenverarbeitungsanlage enthält hierbei eine Speichereinheit, in der die Referenzmerkmalfolgen abgespeichert sind, oder ist mit einer entsprechenden externen Speichereinheit verbunden.

[0008] Mit dem vorliegenden Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung lassen sich Stenosen und Aneurysmen aus 3D-Volumendatensätzen vollautomatisch detektieren. Das Verfahren sowie die Vorrichtung ermöglichen hierbei die Bewertung aller im Volumendatensatz enthaltenen Gefäßstrukturen ohne Eingriff des Anwenders. Der Anwender muss zur Er-

mittlung der Kenngrößen keine Referenzgrößen mehr manuell bestimmen oder auswählen. Die komplette Gefäßstruktur kann ohne Hilfe des Anwenders analysiert und klassifiziert werden. Das vorgeschlagene Verfahren sowie die zugehörige Vorrichtung verringern somit den Arbeitsaufwand für den Anwender erheblich und führen zu einer deutlichen Verbesserung des klinischen Workflows.

[0009] Das Verfahren sowie die Vorrichtung bieten insbesondere den Vorteil, dass sie die Unterscheidung pathologischer und gesunder Gefäßabschnitte in einer beliebigen Gefäßstruktur ermöglichen. In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens sowie der Vorrichtung werden die auf diese Weise detektierten Anomalien in einer 3D-Ansicht durch Einfärbung kenntlich gemacht. Selbstverständlich lässt sich jedoch auch eine andere Art der Hervorhebung realisieren. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird zu jeder detektierten Anomalie ein Zuverlässigkeitsmaß angegeben, mit dem die detektierte Anomalie vorliegt. Dieses Zuverlässigkeitsmaß wird auf Basis des Übereinstimmungsgrades der ermittelten Merkmalfolgen mit der nächstkommenden Referenzmerkmalfolge, auf deren Basis die Klassifizierung erfolgt, berechnet.

[0010] Die für die Bewertung beliebiger Gefäßstrukturen erforderliche nichtlineare Abbildung wird vorzugsweise mit dem Verfahren der dynamischen Programmierung (Dynamic Time Warping: DTW) durchgeführt. Durch diese Technik kann automatisch ein beliebiges gesundes von einem pathologischen Gefäß unterschieden werden. Dies war bisher nur durch manuelle Unterstützung des Anwenders möglich. Die Technik der dynamischen Programmierung ist dem Fachmann aus dem Gebiet der Sprachverarbeitung bekannt und kann beispielsweise dem Buch von Paulus, Dietrich W. R. und Hornegger, Joachim; Applied Pattern Recognition: Algorithms and Implementation in C++; Vieweg Verlag, 4. Auflage 2003, entnommen werden.

[0011] Die für die Klassifizierung erforderlichen Referenzmerkmalfolgen werden im Vorfeld anhand repräsentativer Daten erstellt. Diese Referenzmerkmalfolgen stellen Referenzmuster dar, die aus dem Merkmalsraum einer bekannten Gefäßstruktur bestimmt wurden. Um Gefäße mit und ohne pathologischen Befund unterscheiden zu können, werden verschiedene Klassen von bekannten Gefäßen mit und ohne Befund erstellt. Dazu werden 3D-Aufnahmen von Gefäßen mit bekanntem Stenosegrad sowie von gesunden Gefäßen verwendet. Sind die Referenzmuster erstellt, werden diese beispielsweise entsprechend den Kriterien "gesund", "Stenosegrad X" und "Aneurysma" eingeteilt. Bei einer automatischen Erkennung einer Anomalie durch das vorliegende Verfahren wird dann der Ort der Anomalie in der Gefäßstruktur zusammen mit der soeben beschriebenen

Klassifizierung und ggf. einem Zuverlässigkeitsmaß für diese automatische Diagnose dargestellt.

[0012] Der Vergleich der ermittelten Merkmalfolgen mit den Referenzmerkmalfolgen bzw. Referenzmustern kann mit bekannten Mustererkennungsverfahren der bildgebenden Datenverarbeitung durchgeführt werden. Entsprechende Verfahren sind dem Fachmann bekannt.

Ausführungsbeispiel

[0013] Das vorliegende Verfahren sowie die zugehörige Vorrichtung werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

[0014] Fig. 1 ein beispielhaftes Ablaufschema des vorliegenden Verfahrens;

[0015] Fig. 2 stark schematisiert ein Beispiel für den Aufbau der Vorrichtung zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens; und

[0016] Fig. 3 ein Beispiel für einen Ausschnitt aus einer Gefäßstruktur zur Veranschaulichung der Technik des DTW.

[0017] Bei der Durchführung des vorliegenden Verfahrens wird zunächst ein 3D-Volumendatensatz, der die Gefäßstruktur beinhaltet, bereitgestellt. Dieser Volumendatensatz kann bspw. über eine vorangehende Magnetresonanz-, Computertomographie- oder C-Arm-CT-Messung des die Gefäßstruktur beinhaltenden Körperbereiches des Patienten erzeugt werden. Nach dem Einlesen des 3D-Volumendatensatzes im Schritt 1 des in Fig. 1 dargestellten Ablaufschemas werden die zur automatischen Detektion von Aneurysmen und Stenosen notwendigen Kenngrößen bestimmt. Dabei muss die Gefäßstruktur zunächst innerhalb des 3D-Volumendatensatzes erkannt und innerhalb der Gefäßstruktur die Gefäßachsen bestimmt und in einen strukturellen Zusammenhang gebracht werden (Skelettierung). Dies erfolgt im Schritt 2 des Ablaufschemas. Die Erkennung der Gefäßstruktur kann dabei über ein Schwellwertverfahren erfolgen, da die Gefäße charakteristische Dichtewerte innerhalb des Datensatzes aufweisen. Nach Anwendung eines Interpolationsverfahrens zum Schließen eventueller Lücken sowie der Berechnung der Oberfläche der Gefäßstruktur werden dann über die Bestimmung der Gefäß-Schwerpunkte in das Gefäß senkrecht schneidenden Flächen die Skelettierungspfade berechnet. Entlang der Skelettierungspfade (Center Lines) werden dann im Schritt 3 mehrere Kenngrößen ermittelt, die für die Erkennung von Anomalien, insbesondere von Aneurysmen und Stenosen, signifikant sind. Beispiele für derartige Kenngrößen sind der minimale und maximale Gefäß-

durchmesser orthogonal zum Skelettierungspfad, die lokale Krümmung von Skelettierungspfaden, der Gefäßhüllenumfang, die Krümmung des Gefäßhüllenumfangs sowie das Verhältnis von Pfadlänge zu Gefäßdurchmesser oder zu Gefäßhüllenumfang. Sämtliche dieser Kenngrößen werden durch die Auswertereinheit der Datenverarbeitungsanlage aus dem 3D-Volumendatensatz automatisch bestimmt. Aus den ermittelten Kenngrößen werden Folgen von Merkmalvektoren zur Analyse der Gefäßstrukturen generiert. Ein Merkmalvektor umfasst dabei jeweils die unterschiedlichen Kenngrößen der Gefäße an einer Stelle des Skelettierungspfades. Eine Sequenz der Merkmalvektoren, eine sog. Merkmalfolge, charakterisiert den Verlauf des Gefäßes entlang des Skelettierungspfades.

[0018] Um eine Klassifizierung der untersuchten Gefäßstruktur vornehmen zu können, wird auf eine Datenbank **9** mit klassifizierten Referenzmerkmalfolgen zurückgegriffen. Diese Referenzmerkmalfolgen stellen Referenzmuster dar, die aus dem Merkmalraum bekannter Gefäßstrukturen bestimmt wurden. Die Datenbank umfasst hierbei eine Vielzahl derartiger Referenzmuster von bekannten Gefäßen bzw. Gefäßstrukturen mit und ohne Befund, die nach den Kriterien "gesund", "Stenosegrad X" und "Aneurysma" klassifiziert sind.

[0019] Bei dem Vergleich mit diesen klassifizierten Referenzmustern bzw. Referenzmerkmalfolgen wird die in dem 3D-Volumendatensatz enthaltene unbekannte Gefäßstruktur jeweils geeignet nichtlinear abgebildet, da sie in der Regel eine andere Ausdehnung als die den Referenzmerkmalfolgen zugrundeliegenden Gefäßstrukturen aufweist. Diese Anpassung erfolgt durch eine nichtlineare Abbildung der ermittelten Merkmalfolgen der Gefäßstruktur im Schritt **4** der Darstellung der **Fig. 1**. Im vorliegenden Beispiel wird diese nichtlineare Abbildung der Merkmalfolgen mittels dynamischer Programmierung (DTW) vorgenommen. Die nichtlineare Abbildung erfolgt bei jedem Einzelvergleich mit einer Referenzmerkmalfolge. Durch den Vergleich der nichtlinear abgebildeten Merkmalfolgen mit den klassifizierten Referenzmerkmalfolgen in Schritt **5** wird die Klassifizierung der Referenzmerkmalfolge für die vorliegende Gefäßstruktur übernommen, die mit der vorliegenden Merkmalfolge den höchsten Grad an Übereinstimmung aufweist (Schritt **6**). Nach der Durchführung dieser Schritte für die gesamte im 3D-Volumendatensatz enthaltene Gefäßstruktur oder einen vorgebbaren Ausschnitt aus dieser Gefäßstruktur wird diese entweder abschnittsweise oder vollständig in Schritt **7** an einem Monitor **15** dargestellt, wobei die Gefäßabschnitte, für die Anomalien festgestellt wurden, entsprechend farblich kenntlich gemacht werden. Der Anwender sieht somit sofort Bereiche der Gefäßstruktur, die möglicherweise Stenosen oder Aneurysmen beinhalten. Optional kann zu den einzelnen mit

Anomalien behafteten Gefäßabschnitten ein Zuverlässigkeitsmaß ausgegeben werden, das dem Anwender einen Hinweis auf die Zuverlässigkeit der gibt, mit der die jeweilige Anomalie festgestellt wurde (Schritt **8**). Dieses Zuverlässigkeitsmaß ergibt sich in einfacher Weise aus dem Übereinstimmungsgrad mit der der Klassifikation entsprechenden Referenzmerkmalfolge. Je kleiner der Übereinstimmungsgrad mit der nächstkommenden Referenzmerkmalfolge ist, desto geringer fällt das Zuverlässigkeitsmaß aus, je höher der Übereinstimmungsgrad ist, desto höher liegt das Zuverlässigkeitsmaß.

[0020] **Fig. 2** zeigt beispielhaft den prinzipiellen Aufbau der vorliegenden Vorrichtung **12** zur Durchführung des Verfahrens. Diese als Datenverarbeitungsanlage ausgebildete Vorrichtung **12** ist mit einer Speichereinrichtung **11** verbunden, die den oder die zu verarbeitenden 3D-Volumendatensätze enthält. Die Volumendatensätze werden bei der Untersuchung eines Patienten in einer Angiographie-, CT- oder MR-Anlage **10** erzeugt. Nach dem Einlesen des jeweiligen 3D-Volumendatensatzes werden die Schritte **2** und **3** der **Fig. 1** in einem Erfassungsmodul **13** durchgeführt, das die entsprechenden Merkmalvektoren bereitstellt und an die Skalierungs- und Vergleichseinrichtung **14** der Datenverarbeitungsanlage **12** weiterleitet. In dieser Skalierungs- und Vergleichseinrichtung **14** erfolgen dann die Schritte **4–8** durch Rückgriff auf die Datenbank **9** mit klassifizierten Referenzmerkmalfolgen. Die Gefäßstruktur wird zumindest abschnittsweise an einem Monitor **15** dargestellt, wobei die erkannten Anomalien in der Darstellung entsprechend kenntlich gemacht werden.

[0021] **Fig. 3** zeigt ein Beispiel für den Verlauf einer Gefäßstruktur **16** im Ausschnitt. In dieser Darstellung sind auch die Skelettierungspfade **17** angedeutet, die vom Erfassungsmodul **13** bestimmt werden. Beispielhaft zeigt die **Fig. 3** hierbei eine Bestimmung des Durchmessers d eines Gefäßabschnittes entlang des Skelettierungspfades. Im linken oberen Diagramm ist der aus den 3D-Volumendaten ermittelte Verlauf dieses Durchmessers in Abhängigkeit von der Länge des Skelettierungspfades abgebildet. Das rechte obere Diagramm zeigt diese Kenngröße (Durchmesser d) über die Länge eines Gefäßabschnittes einer Referenzgefäßstruktur. Dieses Referenzmuster des Merkmals zeigt eine Stenose, d. h. eine Gefäßverengung, die jedoch aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnung der vorliegenden Gefäßstruktur im Vergleich zur Referenzgefäßstruktur eine geringere Länge aufweist. Mit der vorliegend eingesetzten Technik des DTW wird daher das fragliche Merkmal des gemessenen Verlaufs des Durchmessers nichtlinear abgebildet um einen Vergleich mit dem Referenzmuster durchführen zu können. Dies ist durch die beiden in der Figur zwischen den Diagrammen verlaufenden Pfeile angedeutet. Die DTW führt hierbei zu einer Kompression der Länge in dem gemessenen

Diagramm, so dass ein Vergleich der beiden Merkmale einen hohen Übereinstimmungsgrad liefert. Mit dem Verfahren sowie der zugehörigen Vorrichtung könnte daher im vorliegenden Beispiel eine Stenose in dem betrachteten Gefäßabschnitt kenntlich gemacht werden. Alleine durch die Erfassung des Merkmals des Durchmessers ließe sich in diesem Bereich daher eine Stenose mit hoher Zuverlässigkeit erkennen. Selbstverständlich können beim vorliegenden Verfahren auch weitere Kenngrößen, wie sie bereits beispielhaft genannt wurden, mit in den Vergleich einbezogen werden. Die entsprechende nichtlineare Abbildung erfolgt dabei in gleicher Weise, beispielsweise für alle Merkmale gemeinsam.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Detektion von Anomalien in Gefäßstrukturen, bei dem ein 3D-Volumendatensatz einer bildgebenden 3D-Messung der Gefäßstruktur (16) bereitgestellt wird und durch eine Auswerteeinrichtung (13, 14)

– die Gefäßstruktur (16) in dem 3D-Volumendatensatz erkannt und anschließend skelettiert wird, um einen dreidimensionalen Verlauf von Skelettierungspfaden (17) zu erhalten,

– entlang der Skelettierungspfaden (17) Kenngrößen der Gefäßstruktur (16) als Merkmale ermittelt werden, die für eine zu detektierende Anomalie signifikant sind, um eine oder mehrere Merkmalfolgen zu erhalten,

– die ermittelten Merkmalfolgen durch Vergleich mit Referenzmerkmalfolgen klassifiziert werden, die für unterschiedliche Klassen von bekannten Gefäßstrukturen, die Gefäßstrukturen mit unterschiedlichen Anomalien und Gefäßstrukturen ohne Anomalien umfassen, ermittelt wurden, wobei bei unterschiedlicher Ausdehnung der Gefäßstruktur relativ zu den bekannten Gefäßstrukturen der Referenzmerkmalfolgen vor dem jeweiligen Vergleich eine nichtlineare Abbildung der ermittelten Merkmalfolgen vorgenommen wird, mit der die Ausdehnung der Gefäßstruktur auf die Ausdehnung der jeweiligen bekannten Gefäßstruktur angepasst wird, und

– der Klassifizierung entsprechende Anomalien kenntlich gemacht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die nichtlineare Abbildung mit der Technik der dynamischen Programmierung vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass erkannte Anomalien in einer Bilddarstellung der Gefäßstruktur (16), insbesondere einer 3D-Ansicht, kenntlich gemacht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anomalien in der Bilddarstellung farblich hervorgehoben werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass erkannte Anomalien zusammen mit einem Zuverlässigkeitsmaß für das Vorliegen der Anomalien angegeben werden, das auf Basis eines Übereinstimmungsgrades mit einer die Klassifizierung bestimmenden Referenzmerkmalfolge berechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der Merkmalfolgen mit den Referenzmerkmalfolgen unter Einsatz eines Mustererkennungsverfahrens erfolgt.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einer Datenverarbeitungsanlage mit einem Gefäßerfassungsmodul (13), das zur Erkennung einer Gefäßstruktur (16) in einem eingelesenen 3D-Volumendatensatz, zur Skelettierung der Gefäßstruktur (16) sowie zur Ermittlung vorgegebbarer Kenngrößen der Gefäßstruktur als Merkmale entlang einer oder mehrerer Skelettierungspfade ausgebildet ist, und einem Skalierungs- und Vergleichsmodul (14), das zur nichtlinearen Abbildung von ermittelten Merkmalfolgen, um die Ausdehnung der Gefäßstruktur (16) lokal an die Ausdehnung von Referenzgefäßstrukturen anzupassen, sowie zur Klassifizierung der nichtlinear abgebildeten Merkmalfolgen durch Vergleich mit Referenzmerkmalfolgen ausgebildet ist, um der Klassifizierung entsprechende Anomalien in einer Darstellung kenntlich zu machen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

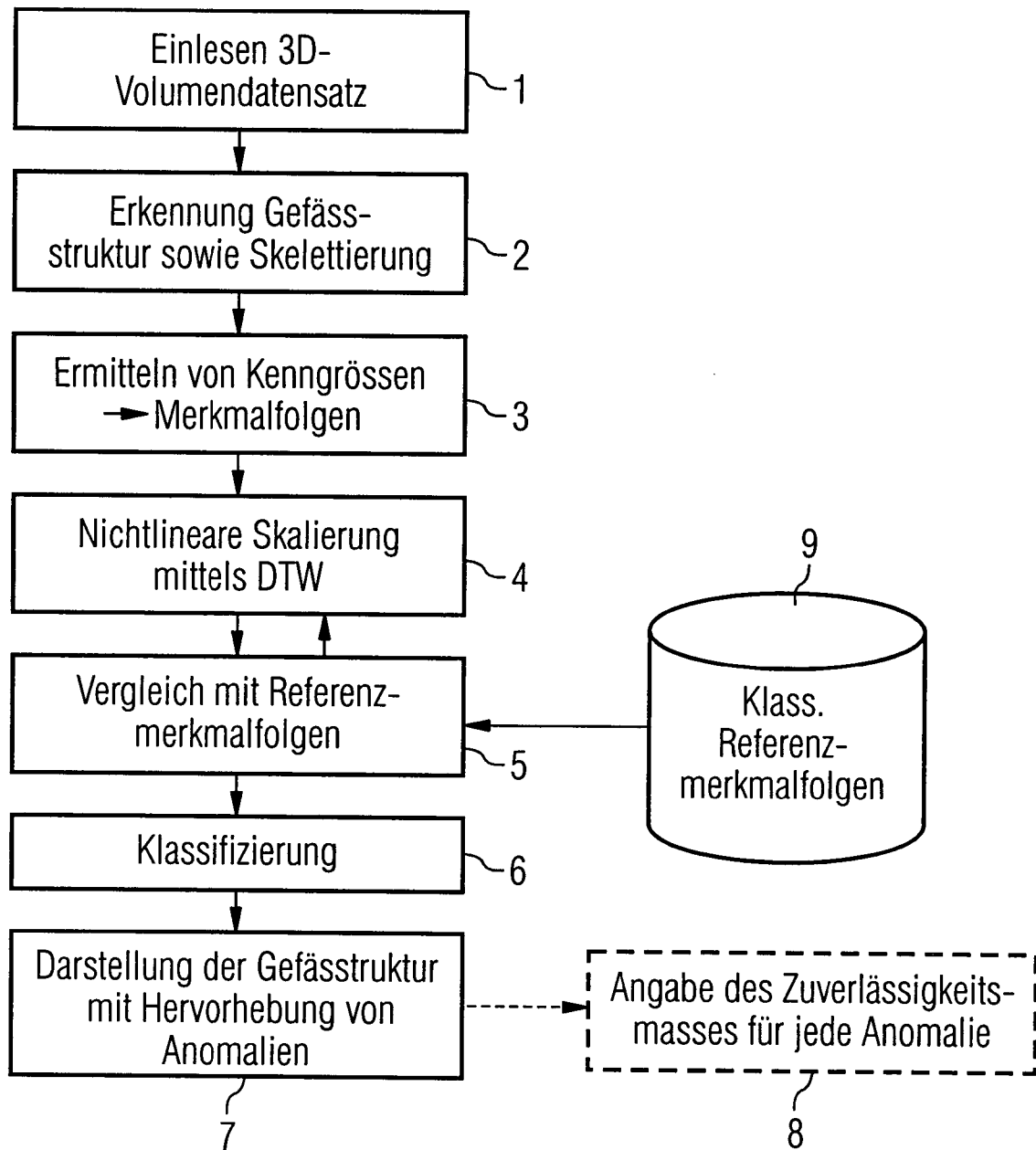


FIG 2

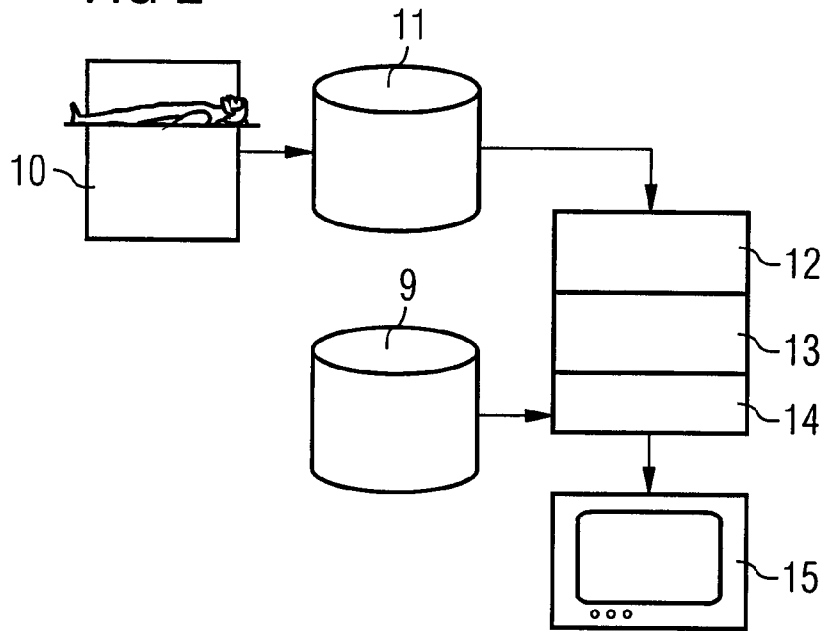


FIG 3

