(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 018 499 A1** 2005.06.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2004 018 499.2**
(22) Anmeldetag: **14.04.2004**
(43) Offenlegungstag: **02.06.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G06T 17/00**
G06T 5/50, A61B 19/00, A61B 6/00

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

(72) Erfinder:
Hornegger, Joachim, Prof. Dr., 91096 Möhrendorf, DE

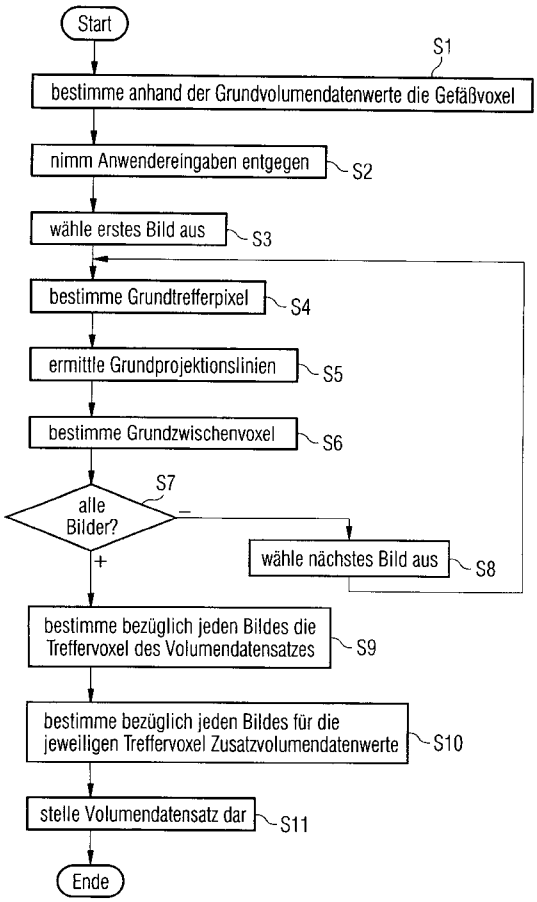
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 101 00 572 A1
DE 100 00 185 A1
WATT, A.; WATT, M.: Advanced Animation and Rende-
ring Techniques, Addison-Wesley, 1992, S. 311-312;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(57) Zusammenfassung: Ein Rechner ermittelt bei einem Bild (9) eines Objekts mit einer Vielzahl von Pixeln (10), denen je ein Flächendatenwert (d) zugeordnet ist, anhand der Flächendatenwerte (d) die Pixel (10), die eine vorbestimmbare Bedingung erfüllen, und bestimmt sie als Trefferpixel (10). Bezüglich der Trefferpixel (10) ermittelt der Rechner anhand von auf einen Volumendatensatz (6) bezogenen Abbildungsparametern (P) des Bildes (9) mit diesen Trefferpixeln (10) korrespondierende Projektionslinien (12) im Volumendatensatz (6). Der Volumendatensatz (6) weist eine Vielzahl von Voxeln (7) auf, die in ihrer Gesamtheit ein dreidimensionales Objekt beschreiben, das ein röhrenartiges Gefäßsystem (8) und dessen Umgebung enthält. Die Voxel (7), die das röhrenartige Gefäßsystem (8) beschreiben, sind als Gefäßvoxel (7) bestimmt. Der Rechner ermittelt die auf den Projektionslinien (12) liegenden Gefäßvoxel (7) und bestimmt sie als Zwischenvoxel (7). Bezüglich jeder Projektionslinie (12) bestimmt der Rechner aus den Zwischenvoxeln (7) Treffervoxel (7).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein rechnergestütztes Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz mit einer Vielzahl von Voxeln, die in ihrer Gesamtheit ein dreidimensionales Objekt beschreiben, das ein röhrenartiges Gefäßsystem und dessen Umgebung enthält, anhand eines Grundbildes des Objekts mit einer Vielzahl von Grundpixeln und auf den Volumendatensatz bezogen Grundabbildungsparametern des Grundbildes, wobei jedem Grundpixel ein Grundflächendatenwert zugeordnet ist und diejenigen der Voxel, die das röhrenartige Gefäßsystem beschreiben, als Gefäßvoxel bestimmt sind.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner einen Datenträger mit einem auf dem Datenträger gespeicherten Computerprogramm zur Durchführung eines derartigen Betriebsverfahrens sowie einen Rechner mit einem Massenspeicher, in dem ein Computerprogramm abgespeichert ist, so dass bei Aufruf des Computerprogramms von dem Rechner ein derartiges Bearbeitungsverfahren ausgeführt wird.

[0003] Ein solches Bearbeitungsverfahren ist beispielsweise aus der DE 102 10 646 A1 bekannt. Bei diesem Bearbeitungsverfahren wird ein mit den Grundabbildungsparametern des Endbildes korrespondierendes Rekonstruktionsbild des Volumendatensatzes generiert. Das Grundbild und das Rekonstruktionsbild werden dann überlagert.

[0004] Aus der DE 102 33 668 A1 ist weiterhin ein rechnergestütztes Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz mit einer Vielzahl von Voxeln bekannt, wobei die Voxel in ihrer Gesamtheit ein dreidimensionales Objekt beschreiben, das ein röhrenartiges Gefäßsystem und dessen Umgebung enthält, wobei jedem Voxel ein Grundvolumendatenwert zugeordnet ist und diejenigen der Voxel, die das röhrenartige Gefäßsystem beschreiben, als Gefäßvoxel bestimmt sind. Bei diesem Bearbeitungsverfahren wird ein Rekonstruktionsbild des Volumendatensatzes generiert, das eine Vielzahl von Pixeln und auf den Volumendatensatz bezogene Abbildungsparameter aufweist. Jedem Pixel ist ein Flächendatenwert zugeordnet. Bei diesem Bearbeitungsverfahren wird dem Rechner von einem Anwender ein einziges Pixel des Rekonstruktionsbildes vorgegeben, also vom Anwender als Trefferpixel bestimmt. Bezüglich dieses Trefferpixels ermittelt der Rechner anhand der Abbildungsparameter des Rekonstruktionsbildes selbsttätig eine mit diesem einen Trefferpixel korrespondierende Projektionslinie im Volumendatensatz. Der Rechner ermittelt, ausgehend von dem Trefferpixel, weiterhin das nächste auf der Projektionslinie liegende Gefäßvoxel und bestimmt es als Zwischen- und Treffervoxel.

[0005] Bei der Vorgehensweise gemäß der DE 102 10 646 A1 werden, wie obenstehend ausgeführt, miteinander korrespondierende zweidimensionale Bilder überlagert, wobei je eines der Bilder anhand des Objekts selbst und anhand des das Objekt beschreibenden Volumendatensatzes ermittelt werden. Diese Vorgehensweise ermittelt bereits einen recht guten Eindruck von der tatsächlichen räumlichen Zuordnung der in dem zweidimensionalen Bild des Objekts enthaltenen Bildinformation. Bei der DE 102 10 646 A1 wird aber stets und ausnahmslos mit zweidimensionalen Bildern gearbeitet. Die vollständige räumliche Zuordnung ist also gerade noch nicht gegeben. Insbesondere bei Bildsequenzen, die zeigen sollen, wie sich ein Kontrastmittel in dem röhrenartigen Gefäßsystem verteilt oder wieder aus dem röhrenartigen Gefäßsystem ausgewaschen wird, ist diese Vorgehensweise jedoch oftmals unzureichend.

Aufgabenstellung

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Vorgehensweise gemäß der DE 102 10 646 A1 derart zu verbessern, dass die räumliche Zuordnung der in dem Grundbild des Objekts enthaltenen Bildinformation möglichst vollständig erfolgt.

[0007] Die Aufgabe wird bei einem Bearbeitungsverfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst,

- dass der Rechner selbsttätig anhand der Grundflächendatenwerte der Grundpixel des Grundbildes diejenigen der Grundpixel ermittelt, die eine vorbestimmbare Grundbedingung erfüllen, und als Grundtrefferpixel bestimmt,
- dass der Rechner bezüglich jedes Grundtrefferpixels anhand der Grundabbildungsparameter des Grundbildes selbsttätig eine mit diesem Grundtrefferpixel korrespondierende Grundprojektionslinie im Volumendatensatz ermittelt,
- dass der Rechner selbsttätig die auf den Grundprojektionslinien liegenden Gefäßvoxel ermittelt und als Grundzwischenvoxel bestimmt und
- dass der Rechner bezüglich jeder Grundprojektionslinie aus den Grundzwischenvoxeln selbsttätig Treffervoxel bestimmt.

[0008] Im einfachsten Fall hängt das Erfüllen der Grundbedingung ausschließlich vom Grundflächendatenwert des jeweils betrachteten Grundpixels ab. Z. B. kann die Grundbedingung dann und nur dann erfüllt sein, wenn der Grundflächendatenwert des jeweiligen Grundpixels innerhalb eines vorbestimmten Grundwertebereichs liegt, insbesondere oberhalb eines Grundschwellwertes. Es sind aber auch andere Grundbedingungen möglich, z. B. eine gewichtete oder ungewichtete Mittelwertbildung mit den benachbarten Grundpixeln oder eine vorherige Filterung, insbesondere eine Tiefpassfilterung, wobei dann geprüft wird, ob das Ergebnis der Mittelwertbildung bzw.

Filterung für das betreffende Grundpixel innerhalb des vorbestimmbaren Grundwertebereichs liegt. In die Mittelwertbildung bzw. die Filterung können dabei alternativ nur die unmittelbar benachbarten Grundpixel oder auch weiter entfernte Grundpixel eingehen.

[0009] Bei denjenigen der Grundprojektionslinien, bei denen die Grundzwischenvoxel jeweils einen einzigen zusammenhängenden Bereich bilden, ist die Bestimmung der Treffervoxel durch den Rechner besonders einfach, wenn der Rechner alle auf diesen Grundprojektionslinien liegenden Grundzwischenvoxel als Treffervoxel bestimmt.

[0010] Bei denjenigen der Grundprojektionslinien, bei denen die Grundzwischenvoxel jeweils mehr als einen Bereich bilden, innerhalb dieser Bereiche die Grundzwischenvoxel zusammenhängen und die Bereich voneinander beabstandet sind, ist die Bestimmung der Treffervoxel besonders einfach, wenn der Rechner die Grundzwischenvoxel mindestens eines dieser Bereiche als Treffervoxel bestimmt.

[0011] Zur Bestimmung der Treffervoxel aus den Grundzwischenvoxeln ist es insbesondere möglich, dass ein Teil der Gefäßvoxel anderweitig, also nicht anhand des Grundbildes, als Zusatzzwischenvoxel bestimmt ist und der Rechner diejenigen der Grundzwischenvoxel als Treffervoxel bestimmt, deren Abstand innerhalb des röhrenartigen Gefäßsystems zum nächsten Zusatzzwischenvoxel kleiner als eine vorbestimmbare Schranke ist.

[0012] Die Zusatzzwischenvoxel können vom Rechner beispielsweise anhand mindestens eines Zusatzbildes des Objekts bestimmt werden, das eine Vielzahl von Zusatzpixeln, denen jeweils ein Zusatzflächendatenwert zugeordnet ist, und auf den Volumendatensatz bezogene Zusatzabbildungsparameter aufweist.

[0013] Insbesondere ist es möglich,

– dass der Rechner selbsttätig anhand der Zusatzflächendatenwerte der Zusatzpixel des Zusatzbildes diejenigen der Zusatzpixel ermittelt, die eine vorbestimmbare Zusatzbedingung erfüllen, und als Zusatztrefferpixel bestimmt,

– dass der Rechner bezüglich jedes Zusatztrefferpixels anhand der Zusatzabbildungsparameter des Zusatzbildes selbsttätig eine mit diesem Zusatztrefferpixel korrespondierende Zusatzprojektionslinie im Volumendatensatz ermittelt und

– dass der Rechner selbsttätig die auf den Zusatzprojektionslinien liegenden Gefäßvoxel ermittelt und daraus die Zusatzzwischenvoxel bestimmt.

[0014] Für die Zusatzbedingung gelten dabei die obigen Ausführungen zur Ausgestaltung der Grundbedingung analog.

[0015] Insbesondere bei der Aufnahme einer Bildsequenz werden die Bilder in aller Regel mit unveränderten Abbildungsparametern aufgenommen. Von je zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Bildern der Sequenz ist in diesem Fall eines das Grundbild und eines das Zusatzbild. In diesem Fall sind also die Zusatzabbildungsparameter mit den Grundabbildungsparametern identisch, so dass eine 1:1-Zuordnung der Zusatzpixel zu den Grundpixeln besteht. Das Zusatzbild wurde aber zu einem anderen Zeitpunkt aufgenommen als das Grundbild. Die vorbestimmbare Schranke ist in diesem Fall vorzugsweise größer als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln. Die Zusatzbedingung ist in diesem Fall vorzugsweise gleichartig zur Grundbedingung. Prinzipiell könnte sie aber auch von der Grundbedingung verschieden sein.

[0016] Es ist aber auch möglich, dass die Zusatzabbildungsparameter von den Grundabbildungsparametern verschieden sind. In diesem Fall kann alternativ das Zusatzbild zum gleichen Zeitpunkt oder zu einem anderen Zeitpunkt aufgenommen worden sein als das Grundbild.

[0017] Wenn das Zusatzbild zum gleichen Zeitpunkt aufgenommen wurde wie das Grundbild, muss die vorbestimmbare Schranke nur größer oder gleich Null sein. Wenn das Zusatzbild hingegen zu einem anderen Zeitpunkt aufgenommen wurde als das Grundbild, ist die vorbestimmbare Schranke vorzugsweise größer als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln. Die Zusatzbedingung kann in beiden Fällen gleichartig zur Grundbedingung oder von ihr verschieden sein.

[0018] Das röhrenartige Gefäßsystem kann bereits vorab segmentiert sein. Prinzipiell ist aber auch eine Segmentierung durch den Rechner möglich, dass also jedem Voxel ein Grundvolumendatenwert zugeordnet ist und der Rechner die Gefäßvoxel anhand der den Voxeln zugeordneten Grundvolumendatenwerte selbsttätig bestimmt.

[0019] Wenn der Rechner den Treffervoxeln selbsttätig Zusatzvolumendatenwerte zuordnet, die vom Grundflächendatenwert des jeweils korrespondierenden Grundtrefferpixels abhängen, ist die Auswertung des Volumendatensatzes noch aussagekräftiger. Ähnlich der Ausgestaltung der Grundbedingung ist es auch hier möglich, alternativ eine Abhängigkeit ausschließlich vom Grundflächendatenwert des betreffenden Grundtrefferpixels oder eine Abhängigkeit von den Grundflächendatenwerten des betreffenden Grundtrefferpixels und der das betreffende Grundtrefferpixel umgebenden Grundpixel vorzusehen. Ferner ist es möglich, dass die Zusatzvolumendatenwerte auch von der Anzahl an Treffervoxeln abhängen, die auf der jeweils korrespondierenden Grundprojektionslinie liegen.

[0020] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

[0021] Fig. 1 schematisch ein Blockschaltbild eines Rechners,

[0022] Fig. 2 beispielhaft einen Volumendatensatz,

[0023] Fig. 3 bis Fig. 5 beispielhaft Bilder eines Objekts,

[0024] Fig. 6 ein Ablaufdiagramm,

[0025] Fig. 7 bis Fig. 9 Bilder des Objekts mit Projektionslinien im Volumendatensatz,

[0026] Fig. 10 und Fig. 11 Ablaufdiagramme und

[0027] Fig. 12 und Fig. 13 Aufnahmegeometrien.

[0028] Gemäß Fig. 1 weist ein Rechner unter anderem eine Recheneinheit **1** und einen Massenspeicher **2** auf, z. B. eine Festplatte **2**. Auf der Festplatte **2** ist unter anderem ein Computerprogramm **3** abgespeichert. Das Computerprogramm **3** ist dem Rechner dabei zuvor z. B. über einen Datenträger **4** zugeführt worden, auf dem das Computerprogramm **3** ebenfalls abgespeichert ist. Ein Beispiel eines derartigen Datenträgers **4** ist eine CD-ROM **4**. Das Computerprogramm **3** könnte dem Rechner aber auch auf andere Weise zugeführt worden sein, z. B. über eine in Fig. 1 nur schematisch angedeutete Rechner-Rechner-Verbindung **5**. Beispiele derartiger Rechner-Rechner-Verbindungen **5** sind ein lokales Rechnernetz oder das world wide web (www).

[0029] Im Massenspeicher **2** des Rechners ist außer dem Computerprogramm **3** auch ein Volumendatensatz **6** hinterlegt. Der Volumendatensatz **6** weist – siehe auch Fig. 2 – eine Vielzahl von Voxeln **7** auf. Jedem Voxel **7** sind dabei zunächst drei Raumkoordinaten X, Y, Z eines Raumkoordinatensystems sowie ein Grundvolumendatenwert D zugeordnet. Die Raumkoordinaten X, Y, Z bilden vorzugsweise ein rechtwinkeliges, rechtshändiges kartesisches Raumkoordinatensystem. Die Raumkoordinaten X, Y, Z können beispielsweise Werte zwischen 0 und 1023 annehmen. Die Grundvolumendatenwerte D können beispielsweise Werte zwischen 0 und 255 annehmen.

[0030] Der Volumendatensatz **6** beschreibt, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet, ein Objekt, das ein röhrenartiges Gefäßsystem **8** und dessen Umgebung enthält. Ein Beispiel eines derartigen Objekts ist das Gehirn eines Menschen. Das röhrenartige Gefäßsystem **8** kann in diesem Fall beispielsweise durch die Blutgefäße des Gehirns gebildet sein.

[0031] Im Massenspeicher **2** sind ferner eine Anzahl von Durchleuchtungs- bzw. Röntgenbildern **9** desselben Objekts hinterlegt. Jedes Bild **9** weist gemäß den Fig. 3 bis Fig. 5 eine Vielzahl von Pixeln **10** auf. Jedem Pixel **10** sind Flächenkoordinaten x, y und ein Flächendatenwert d zugeordnet. Die Flächenkoordinaten x, y bilden vorzugsweise ein rechwinkeliges, rechtshändiges kartesisches Flächenkoordinatensystem. Sie können beispielsweise wieder Werte zwischen 0 und 1023 annehmen. Die Flächendatenwerte d der Pixel **10** können zwischen beispielsweise 0 und 255 liegen.

[0032] Jedem Bild **9** sind weiterhin Abbildungsparameter P zugeordnet. Beispiele derartiger Abbildungsparameter P sind z. B. der Ort des Projektionszentrums des jeweiligen Bildes **9**, die Richtung der Geraden vom Projektionszentrum zur Mitte des jeweiligen Bildes **9**, der Öffnungswinkel in x- und y-Richtung sowie die Verdrehung des Bildes **9** um die soeben genannte Gerade.

[0033] Die Abbildungsparameter P sind dabei auf den Volumendatensatz **6** bezogen. Die Bilder **9** sind also bezüglich des Volumendatensatzes **6** registriert. Registrierverfahren sind allgemein bekannt. Auf sie muss daher nachstehend nicht näher eingegangen werden.

[0034] Weiterhin ist jedem Bild **9** eine Aufnahmezeit t zugeordnet. Die Aufnahmezeiten t sind dabei gemäß Ausführungsbeispiel aufeinander folgend, so dass die Bilder **9** eine Bildsequenz bilden.

[0035] Auf Grund der Programmierung mit dem Computerprogramm **3** führt der Rechner unter Heranziehung der Bilder **9** ein Bearbeitungsverfahren für den Volumendatensatz **6** aus, das nachfolgend in Verbindung mit Fig. 6 näher beschrieben wird.

[0036] Zur genaueren Beschreibung der vorliegenden Erfindung werden dabei im Nachfolgenden die Begriffe Grundtrefferpixel, Zusatztrefferpixel, Gefäßvoxel, Grundzwischenvoxel, Zusatzzwischenvoxel und Treffervoxel verwendet. Diese Begriffe werden nachstehend vorab erläutert. Sie haben folgende Bedeutung:

– Grundtrefferpixel **10** sind Pixel **10** eines der Bilder **9**, die eine vorbestimmbare Bedingung erfüllen. Die Bedingung ist dabei nur durch die Flächendatenwerte d der Pixel **10** des jeweils betrachteten Bildes **9** bestimmt. Im einfachsten Fall ist die Grundbedingung nur vom Flächendatenwert d des jeweiligen Pixels **10** abhängig.

– Zusatztrefferpixel **10** sind Pixel **10** eines anderen der Bilder **9**, die ebenfalls eine vorbestimmte Bedingung erfüllen. Auch hier ist die Bedingung nur von den Flächendatenwerten d der Pixel **10** dieses anderen Bildes **9** abhängig. Es gelten die analogen Ausführungen zu den Grundtrefferpi-

xeln **10**. Die Bedingung, anhand derer entschieden wird, ob ein Pixel **10** ein Zusatztrefferpixel **10** ist, kann aber von der Bedingung verschieden sein, anhand derer entschieden wird, ob ein Pixel **10** ein Grundtrefferpixel **10** ist.

– Gefäßvoxel **7** sind bildübergreifend definiert. Es sind diejenigen der Voxel **7**, die das röhrenartige Gefäßsystem **8** selbst beschreiben.

– Grundzwischenvoxel **7** sind bildspezifisch bestimmt. Es sind diejenigen der Gefäßvoxel **7**, die auf Projektionslinien **12** liegen. Die Projektionslinien **12** sind dabei durch das Projektionszentrum eines der Bilder **9** und dessen Grundtrefferpixel **10** bestimmt.

– Auch die Zusatzzwischenvoxel **7** sind bildspezifisch bestimmt. Es sind diejenigen der Gefäßvoxel **7**, die eine bestimmte Bedingung erfüllen, wobei diese Bedingung nicht von dem betreffenden Bild **9** abhängt. Beispielsweise können bezüglich eines bestimmten Bildes **9** die Zusatzzwischenvoxel **7** mit den bezüglich eines anderen Bildes **9** bestimmten Treffervoxeln **7** identisch sein. Auch können sie z. B. bezüglich eines anderen Bildes **9** dessen Grundzwischenvoxel **7** sein, z. B. wenn dieses andere Bild **9** gleichzeitig mit dem jeweils betrachteten Bild **9**, aber aus einer anderen Perspektive aufgenommen wurde.

– Schließlich sind auch die Treffervoxel **7** bildspezifisch bestimmt. Es sind diejenigen der bezüglich eines bestimmten Bildes **9** bestimmten Grundzwischenvoxel **7**, die eine weitere Bedingung erfüllen, z. B. zugleich Zusatzzwischenvoxel **7** sind.

[0037] Gemäß Fig. 6 bestimmt der Rechner in einem Schritt S1 zunächst anhand der Grundvolumendatenwerte D der Voxel **7** selbsttätig die Gefäßvoxel **7**. Er ermittelt also die Voxel **7**, welche das röhrenartige Gefäßsystem **8** selbst beschreiben. Wenn beispielsweise bekannt ist, dass das Gefäßsystem **8** bei der Aufnahme von Bildern, anhand derer der Volumendatensatz **6** berechnet wurde, mit einem Kontrastmittel gefüllt war, können alle diejenigen Voxel **7** als Gefäßvoxel **7** bestimmt werden, deren Grundvolumendatenwert D oberhalb eines Minimalwertes liegt. Diese Voxel **7** bestimmt er durch Setzen eines Gefäßbits G zu Gefäßvoxeln **7**. Der Minimalwert kann dabei – gegebenenfalls interaktiv – der Recheneinheit **1** von einem Anwender **11** vorgegeben werden. Störungsquellen wie beispielsweise Knochen und dergleichen können dabei vorab ausgeblendet werden. Das Ausblenden kann alternativ interaktiv vom Anwender **11** vorgenommen werden oder aber selbsttätig durch den Rechner erfolgen. Das Ermitteln der Gefäßvoxel **7** ist als solches allgemein als Segmentieren bekannt. Auch auf das Segmentieren des röhrenartigen Gefäßsystems **8** muss daher nicht näher eingegangen werden.

[0038] In einem Schritt S2 nimmt der Rechner sodann Eingaben vom Anwender **11** entgegen. Beispielsweise kann der Anwender **11** vorgeben, welches das erste und welches das letzte Bild **9** der Bildsequenz sein soll. Ferner kann er für jedes Bild einen Wertebereich W vorgeben. Der Wertebereich W ist im einfachsten Fall für alle Bilder **9** derselbe. Er kann gegebenenfalls aber auch individuell für jedes einzelne Bild **9** vorgegeben werden.

[0039] Weiterhin kann der Anwender **11** eine Schranke S vorgeben. Dabei kann er alternativ die Schranke S als solche selbst vorgegeben oder aber die zeitliche Ableitung S' der Schranke S, also einen Wert, der noch mit einer Zeit multipliziert werden muss, um die Schranke S selbst zu ermitteln.

[0040] In einem Schritt S3 wählt der Rechner sodann das erste Bild **9** aus, z. B. das Bild **9** gemäß Fig. 3. Bezüglich dieses Bildes **9** ermittelt der Rechner selbsttätig in einem Schritt S4 diejenigen der Pixel **10**, deren Flächendatenwert d innerhalb des im Schritt S2 für dieses Bild **9** vorgegebenen Wertebereichs W liegt. Diese Pixel **10** werden vom Rechner **3** durch Setzen eines Trefferbits t' als Grundtrefferpixel **10** bestimmt. Es handelt sich hierbei um die in Fig. 3 fett eingezeichneten Linien.

[0041] In einem Schritt S5 ermittelt der Rechner sodann für jedes der Grundtrefferpixel **10** – und nur für diese – selbsttätig anhand der Abbildungsparameter P des ausgewählten Bildes **9** die mit diesem Grundtrefferpixel **9** korrespondierende Grundprojektionslinie **12** im Volumendatensatz **6**. Dies ist möglich, weil die Abbildungsparameter P auf den Volumendatensatz **6** bezogen sind, das ausgewählte Bild **9** also bezüglich des Volumendatensatzes **6** registriert ist. Einige der Grundtrefferpixel **10** und der korrespondierenden Grundprojektionslinien **12** sind für das Bild **9** von Fig. 3 beispielhaft in Fig. 7 dargestellt. Für die Bilder gemäß den Fig. 4 und Fig. 5 zeigen die Fig. 8 und Fig. 9 entsprechende Darstellungen. Der einfacheren Darstellung wegen wurde dabei angenommen, dass die Bilder **9** sozusagen an einer Begrenzungsfläche des Volumendatensatzes **6** anliegen.

[0042] Für alle diese Grundprojektionslinien **12** – und nur für diese – bestimmt der Rechner in einem Schritt S6 selbsttätig diejenigen der Gefäßvoxel **7**, die auf diesen Grundprojektionslinien **12** liegen, also die Grundzwischenvoxel **7**. Für jedes Grundzwischenvoxel **7** setzt der Rechner z. B. gemäß Fig. 2 ein dem jeweiligen Voxel **7** zugeordnetes entsprechendes Zwischenbit Z1 des Volumendatensatzes **6**.

[0043] Sodann prüft der Rechner in einem Schritt S7, ob er die Schritte S4 bis S6 für alle vom Anwender **11** vorgegebenen Bilder **9** ausgeführt hat. Wenn dies noch nicht der Fall ist, wählt der Rechner in einem Schritt S8 das nächste Bild **9** aus und geht sodann zum Schritt S4 zurück, um auch bezüglich dieses Bildes **9** die Schritte S4 bis S6 auszuführen. Die

bezüglich des neu ausgewählten Bildes **9** bestimmten Grundzwischenvoxel **7** werden dabei gemäß Fig. 2 mittels eines eigenen entsprechenden Zwischenbits Z2, Z3 als Grundzwischenvoxel **7** des neu ausgewählten Bildes **9** markiert.

[0044] Wenn hingegen für alle Bilder **9** die Grundzwischenvoxel **7** des Volumendatensatzes **6** bestimmt sind, bestimmt der Rechner in einem Schritt S9 für jedes Bild **9** bezüglich jeder Grundprojektionslinie **12** aus den auf dieser Grundprojektionslinie **12** liegenden Grundzwischenvoxeln **7** selbsttätig die Treffervoxel **7**. Für diese Voxel **7** setzt er jeweils ein Trefferbit T1 bis T3. Auf die Art und Weise der Bestimmung der Treffervoxel **7** wird später in Verbindung mit den Fig. 10 und Fig. 11 noch näher eingegangen werden.

[0045] Nach der Bestimmung der Treffervoxel **7** ermittelt der Rechner in einem Schritt S10 selbsttätig bezüglich jedes Bildes **9** für jedes Treffervoxel **7** einen Zusatzvolumendatenwert D1 bis D3 und ordnet ihn dem jeweiligen Treffervoxel **7** zu. Im einfachsten Fall sind die Zusatzvolumendatenwerte D1 bis D3 dabei konstant. Vorzugsweise aber hängen sie vom Flächendatenwert d des jeweils korrespondierenden Grundtrefferpixels **10** ab. Beispielsweise können sie direkt mit diesem Flächendatenwert d korrespondieren. Noch besser ist es aber, wenn in die Zusatzvolumendatenwerte D1 bis D3 auch die jeweilige Anzahl an Treffervoxeln **7** mit eingeht, die auf der jeweils korrespondierenden Grundprojektionslinie **12** liegen. Beispielsweise kann den Treffervoxeln **7** ein Absorptionswert D1 bis D3 zugeordnet werden, so dass die Gesamtabsorption entlang der jeweiligen Grundprojektionslinie **12** mit dem Flächendatenwert d des jeweiligen Grundtrefferpixels **10** korrespondiert. In diesem Fall hängen die Zusatzvolumendatenwerte D1 bis D3 also auch von der Anzahl an Treffervoxeln **7** ab, die auf der jeweils korrespondierenden Grundprojektionslinie **12** liegen.

[0046] In einem Schritt S11 erfolgen – z. B. mittels sogenanntem volume rendering – schließlich noch Darstellungen des Volumendatensatzes **6**. Dabei können zur Darstellung alternativ die Grundvolumendatenwerte D oder je einer der Zusatzvolumendatenwerte D1 bis D3 herangezogen werden.

[0047] Die Ermittlung der Treffervoxel **7** anhand der Grundzwischenvoxel **7** wird nachstehend in Verbindung mit Fig. 10 näher erläutert. Fig. 10 zeigt also eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S9 von Fig. 6.

[0048] Gemäß Fig. 10 wählt der Rechner im Schritt S12 das erste vom Anwender **11** selektierte Bild **9** aus. Bezüglich dieses Bildes **9** bestimmt er im Schritt S13 alle Grundprojektionslinien **12**, bei denen die Grundzwischenvoxel **7** einen einzigen zusammenhängenden Bereich bilden. Alle Voxel **7**, die auf diesen Grundprojektionslinien **12** liegen, bestimmt der Rechner in einem Schritt S14 durch Setzen eines entsprechenden Trefferbits T1 als Treffervoxel **7**.

[0049] Sodann überprüft der Rechner in einem Schritt S15, ob er bezüglich aller Bilder **9** die Schritte S13 und S14 ausgeführt hat. Wenn dies nicht der Fall ist, wählt er in einem Schritt S16 das nächste Bild **9** aus und geht zum Schritt S13 zurück.

[0050] Anderenfalls wählt der Rechner in einem Schritt S17 wieder das erste vom Anwender **11** selektierte Bild **9** aus. In diesem Fall überprüft er in einem Schritt S18, ob bezüglich dieses Bildes **9** noch Grundzwischenvoxel **7** existieren, die keine Treffervoxel **7** sind. Wenn dies der Fall sein sollte, existiert bezüglich des ausgewählten Bildes **9** mindestens eine Grundprojektionslinie **12**, bei der die auf dieser Grundprojektionslinie **12** liegenden Grundzwischenvoxel **7** mehr als einen Bereich bilden. Innerhalb dieser Bereiche hängen die Grundzwischenvoxel **7** dabei zusammen. Die Bereiche selbst hingegen sind voneinander beabstandet. In diesem Fall bestimmt der Rechner **7** bezüglich dieser Grundprojektionslinien **12** in einem Schritt S19 die Treffervoxel **7**, soweit dies möglich ist. Hierauf wird später in Verbindung mit Fig. 11 noch eingegangen werden.

[0051] Sodann überprüft der Rechner in einem Schritt S20 wieder, ob er bezüglich der Schritte S18 und S19 alle Bilder **9** abgearbeitet hat. Wenn dies nicht der Fall ist, wählt er in einem Schritt S21 das nächste Bild **9** aus und geht zum Schritt S18 zurück.

[0052] Anderenfalls überprüft er in einem Schritt S22, ob überhaupt noch ein Bild **9** existiert, bezüglich dessen Grundzwischenvoxel **7** ermittelt wurden, die keine Treffervoxel **7** sind. Wenn dies der Fall ist, geht der Rechner zum Schritt S17 zurück. Anderenfalls ist das Verfahren zum Bestimmen der Treffervoxel **7** beendet.

[0053] Bei den Bildern **9** gemäß den Fig. 3 bis Fig. 5 handelt es sich um eine Bildsequenz, die z. B. zeigt, wie sich ein Kontrastmittel in dem röhrenartigen Gefäßsystem **8** verteilt oder wieder aus dem Gefäßsystem **8** ausgewaschen wird. Die Bilder **9** sind daher, wie bereits erwähnt, nacheinander aufgenommen worden, wobei ein Zeitabstand St zwischen zwei Bildern **9** in der Regel konstant ist und z. B. bei 0,1 bis 1,0 Sekunden liegt. In diesem Fall kann der Schritt S19 implementiert werden, wie dies nachstehend in Verbindung mit Fig. 11 näher erläutert ist. Vorab sei dabei bemerkt, dass in diesem Fall bei jedem Bild **9** die Entscheidung, ob die Grundzwischenvoxel **7** eines Bereichs als Treffervoxel **7** zu bestimmen sind oder nicht, anhand von Informationen erfolgt, die anhand vorhergehender und/oder nachfolgender Bilder **9** der Bildsequenz ermittelbar sind.

[0054] Gemäß Fig. 11 wird zunächst in einem Schritt S23 überprüft, ob bezüglich des momentan zu untersuchenden Bildes **9** ein zeitlich vorhergehendes Bild **9** existiert. Wenn dies der Fall ist, werden in einem Schritt S24 die bezüglich dieses vorhergehenden Bildes **9** ermittelten Treffervoxel **7** bezüglich des nunmehr betrachteten Bildes **9** als Zusatzzwischenvoxel **7** definiert. In einem Schritt S25 bestimmt der Rechner sodann bezüglich des betrachteten Bildes **9** diejenigen der Grundzwischenvoxel **7** als Treffervoxel **7**, deren Abstand innerhalb des röhrenartigen Gefäßsystems **8** zum nächsten Zusatzzwischenvoxel **7** kleiner als die Schranke S ist. In diesem Fall sind also die Zusatzzwischenvoxel **7** mit den bezüglich des vorhergehenden Bildes **9** ermittelten Treffervoxeln **7** identisch. Auf Grund des Umstands, dass zwischen den beiden Bildern **9**, bezüglich derer die Grundzwischenvoxel **7** bzw. die Treffervoxel **7** ermittelt wurden, ein zeitlicher Abstand δt liegt, muss die Schranke S dabei größer als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln **7** sein.

[0055] Alternativ oder zusätzlich überprüft der Rechner in einem Schritt S26, ob bezüglich des momentan betrachteten Bildes **9** ein nachfolgendes Bild **9** existiert. Wenn dies der Fall ist, bestimmt der Rechner als nächstes in einem Schritt S27 die bezüglich dieses nachfolgenden Bildes **9** ermittelten Treffervoxel **7** bezüglich des nunmehr betrachteten Bildes **9** als Zusatzzwischenvoxel **7**. Auch hier bestimmt der Rechner in einem Schritt S28 bezüglich des betrachteten Bildes **9** diejenigen der Grundzwischenvoxel **7** als Treffervoxel **7**, deren Abstand innerhalb des röhrenartigen Gefäßsystems **8** zum nächsten Zusatzzwischenvoxel **7** kleiner als die Schranke S ist.

[0056] Sodann löscht der Rechner in einem Schritt S29 bezüglich des betrachteten Bildes **9** das Zwischenbit Z1 bis Z3 aller Grundzwischenvoxel **7**, die folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Grundzwischenvoxel **7** sind nicht bereits als Treffervoxel **7** klassifiziert.
- Der Abstand zum nächsten Voxel **7**, das bezüglich des vorhergehenden und/oder nachfolgenden Bildes **9** noch als Grundzwischenvoxel **7**, aber nicht als Treffervoxel **7** klassifiziert ist, ist größer als die Schranke S.

[0057] Das obenstehend anhand der Fig. 10 und Fig. 11 beschriebene Verfahren wird in der Regel iterativ fortgesetzt, bis für alle Bilder **9** bezüglich aller Grundzwischenvoxel **7** entschieden ist, ob sie Treffervoxel **7** sind oder nicht. Wenn nach einer – gegebenenfalls vom Anwender **11** vorgebbaren – Anzahl von Durchläufen durch die aus den Schritten S17 bis S22 bestehende Schleife das Verfahren noch nicht beendet ist, kann aber auch ein Abbruch erfolgen. In diesem Fall wird ein Warnhinweis an den Anwender **11** ausgegeben. Ferner können in diesem Fall die Grundzwischenvoxel **7**, bei denen nicht eindeutig feststeht, ob sie Treffervoxel **7** sind oder nicht, im Rahmen des Schrittes S11 anders dargestellt werden als die Voxel **7**, die sicher als Treffervoxel **7** klassifiziert werden konnten.

[0058] Alternativ zu der obenstehend beschriebenen Vorgehensweise ist es auch möglich, die Vorgehensweise gemäß Fig. 11 auch bezüglich der Grundprojektionslinien **12** anzuwenden, bei denen die auf der jeweiligen Grundprojektionslinie **12** liegenden Grundzwischenvoxel **7** einen einzigen zusammenhängenden Bereich bilden. Um einen ordnungsgemäßen Anlauf des obenstehend in Verbindung mit Fig. 11 beschriebenen Verfahrens zu gewährleisten, sollte in diesem Fall

- mindestens eines der Bilder **9**, z. B. das erste Bild **9** der Bildsequenz und oder das letzte Bild **9** der Bildsequenz, kein einziges Trefferpixel **10** enthalten,
- das diesem Bild **9** unmittelbar vorhergehende bzw. nachfolgende Bild **9** hingegen mindestens ein Trefferpixel **10**.

[0059] Denn dann können bezüglich dieses vorhergehenden bzw. nachfolgenden Bildes **9** diejenigen der Gefäßvoxel **7** zu Zusatzzwischenvoxeln **7** bestimmt werden, die vom Rand des durch den Volumendatensatz **6** beschriebenen Volumens maximal um die vorbestimmte bzw. vorbestimmbare Schranke S entfernt sind.

[0060] Fig. 12 zeigt beispielhaft eine typische Erfassungsgeometrie zum Erfassen der Bilder **9**. Wie aus Fig. 12 ersichtlich ist, besteht die Erfassungsgeometrie aus einer Röntgenquelle **13** und einem Röntgendetektor **14**, wobei das Objekt zwischen Röntgenquelle **13** und Röntgendetektor **14** angeordnet ist. In aller Regel bewegen sich dabei die Röntgenquelle **13**, der Röntgendetektor **14** und das Objekt während des Erfassens der Bilder **9** nicht. Die – auf den Volumendatensatz **6** bezogenen – Abbildungsparameter P der Bilder **9** sind daher identisch, so dass eine 1:1-Zuordnung der Pixel **10** der einzelnen Bilder **9** zueinander besteht. Pixel **10** mit gleichen Flächenkoordinaten x, y entsprechen also einander. Prinzipiell wäre es aber auch möglich, wie in Fig. 12 durch gestrichelte Pfeile angedeutet, die Röntgenquelle **13** und/oder den Röntgendetektor **14** bezüglich des Objekts zu bewegen. In diesem Fall wären die Abbildungsparameter P der einzelnen Bilder **9** voneinander verschieden.

[0061] Alternativ oder ergänzend zum Erfassen einer Bildsequenz und zum Bestimmen der Treffervoxel **7**, wenn diese anhand eines einzigen Bildes **9** noch nicht eindeutig ermittelbar sind, ist auch eine Vorgehensweise möglich, die nachfolgend in Verbindung mit Fig. 13 näher beschrieben wird.

[0062] Gemäß Fig. 13 sind (mindestens) zwei Rönt-

genquellen **13**, **13'** vorhanden, denen jeweils ein Röntgendetektor **14**, **14'** zugeordnet ist. Mittels dieser Aufnahmegeometrie ist es möglich, gleichzeitig bzw. quasi gleichzeitig zwei Bilder **9** des Objekts aufzunehmen. In diesem Fall sind die Abbildungsparameter P der Bilder **9** selbstverständlich voneinander verschieden, die Aufnahme der Bilder **9** erfolgt hingegen zum (praktisch) gleichen Zeitpunkt.

[0063] In diesem Fall werden vorzugsweise zunächst entsprechend der obenstehend beschriebenen Vorgehensweise gemäß den Schritten S3 bis S8 von Fig. 6 bezüglich der Bilder **9** die jeweiligen Zwischenvoxel **7** bestimmt. Als Treffervoxel **7** werden in diesem Fall diejenigen Gefäßvoxel **7** bestimmt, die sowohl bezüglich des einen als auch bezüglich des anderen Bildes **9** Zwischenvoxel **7** sind. Die bezüglich des einen Bildes **9** ermittelten Grundzwischenvoxel **7** stellen also bezüglich des anderen Bildes **9** dessen Zusatzzwischenvoxel **7** dar.

[0064] In diesem Fall kann die Schranke S kleiner als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln **7** sein. Insbesondere kann die Schranke S sogar den Wert 0 annehmen. Sie kann aber auch geringfügig größer gewählt werden. Auch wenn in diesem Fall die Schranke S einen Wert aufweist, der dem ein- bis dreifachen des Abstands zweier unmittelbar benachbarter Voxel **7** entspricht, sind aber gute Ergebnisse erreichbar. Die Bedingungen, anhand derer bei den Bildern **9** in diesem Fall entschieden wird, ob ein Pixel **10** ein Trefferpixel **10** ist oder nicht, können alternativ wieder gleich oder voneinander verschieden sein.

[0065] Mittels der erfindungsgemäßen Vorgehensweise, nämlich der Berücksichtigung von Vorabwissen über das röhrenartige Gefäßsystem **8**, gegebenenfalls auch Wissen von anderen gleichartigen Bildern **9**, ist also für die meisten Bilder **9** eine eineindeutige Rückprojektion in den Volumendatensatz **6** möglich, obwohl die Rückprojektion als solche nicht eindeutig ist.

Patentansprüche

1. Rechnergestütztes Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz (**6**) mit einer Vielzahl von Voxeln (**7**), die in ihrer Gesamtheit ein dreidimensionales Objekt beschreiben, das ein röhrenartiges Gefäßsystem (**8**) und dessen Umgebung enthält, anhand eines Grundbildes (**9**) des Objekts mit einer Vielzahl von Grundpixeln (**10**) und auf den Volumendatensatz (**6**) bezogenen Grundabbildungsparametern (P) des Grundbildes (**9**), wobei jedem Grundpixel (**10**) ein Grundflächendatenwert (d) zugeordnet ist und diejenigen der Voxel (**7**), die das röhrenartige Gefäßsystem (**8**) beschreiben, als Gefäßvoxel (**7**) bestimmt sind,
– wobei der Rechner selbsttätig anhand der Grundflächendatenwerte (d) der Grundpixel (**10**) des Grundbildes (**9**) diejenigen der Grundpixel (**10**) ermittelt, die eine vorbestimmbare Grundbedingung erfüllen, und als Grundtrefferpixel (**10**) bestimmt,
– wobei der Rechner bezüglich jedes Grundtrefferpixels (**10**) anhand der Grundabbildungsparameter (P) des Grundbildes (**9**) selbsttätig eine mit diesem Grundtrefferpixel (**10**) korrespondierende Grundprojektionslinie (**12**) im Volumendatensatz (**6**) ermittelt,
– wobei der Rechner selbsttätig die auf den Grundprojektionslinien (**12**) liegenden Gefäßvoxel (**7**) ermittelt und als Grundzwischenvoxel (**7**) bestimmt und
– wobei der Rechner bezüglich jeder Grundprojektionslinie (**12**) aus den Grundzwischenvoxeln (**7**) selbsttätig Treffervoxel (**7**) bestimmt.

2. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner bei denjenigen der Grundprojektionslinien (**12**), bei denen die Grundzwischenvoxel (**7**) jeweils einen einzigen zusammenhängenden Bereich bilden, alle auf diesen Grundprojektionslinien (**12**) liegenden Grundzwischenvoxel (**7**) als Treffervoxel (**7**) bestimmt.

3. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner bei denjenigen der Grundprojektionslinien (**12**), bei denen die Grundzwischenvoxel (**7**) jeweils mehr als einen Bereich bilden, innerhalb dieser Bereiche die Grundzwischenvoxel (**7**) zusammenhängen und die Bereiche voneinander beabstandet sind, selbsttätig die Grundzwischenvoxel (**7**) mindestens eines dieser Bereiche als Treffervoxel (**7**) bestimmt.

4. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Gefäßvoxel (**7**) anderweitig, also nicht anhand des Grundbildes (**9**), als Zusatzzwischenvoxel (**7**) bestimmt ist und dass der Rechner diejenigen der Grundzwischenvoxel (**7**) als Treffervoxel (**7**) bestimmt, deren Abstand innerhalb des röhrenartigen Gefäßsystems (**8**) zum nächsten Zusatzzwischenvoxel (**7**) kleiner als eine vorbestimmbare Schranke (S) ist.

5. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner anhand mindestens eines Zusatzbildes (**9**) des Objekts mit einer Vielzahl von Zusatzpixeln (**10**), denen jeweils ein Zusatzflächendatenwert (d) zugeordnet ist, und auf den Volumendatensatz (**6**) bezogenen Zusatzabbildungsparametern (P) des Zusatzbildes (**9**) selbsttätig die Zusatzzwischenvoxel (**7**) bestimmt.

6. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
– dass der Rechner selbsttätig anhand der Zusatzflächendatenwerte (d) der Zusatzpixel (**10**) des Zusatzbildes (**9**) diejenigen der Zusatzpixel (**10**) ermittelt, die eine vorbestimmbare Zusatzbedingung erfüllen,

und als Zusatztrefferpixel (**10**) bestimmt,
– dass der Rechner bezüglich jedes Zusatztrefferpixels (**10**) anhand der Zusatzabbildungsparameter (P) des Zusatzbildes (**9**) selbsttätig eine mit diesem Zusatztrefferpixel (**10**) korrespondierende Zusatzprojektionslinie (**12**) im Volumendatensatz (**6**) ermittelt und
– dass der Rechner selbsttätig die auf den Zusatzprojektionslinien (**12**) liegenden Gefäßvoxel (**7**) ermittelt und daraus die Zusatzzwischenvoxel (**7**) bestimmt.

7. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzabbildungsparameter (P) mit den Grundabbildungsparametern (P) identisch sind, so dass eine 1:1-Zuordnung der Zusatzpixel (**10**) zu den Grundpixeln (**10**) besteht, und dass das Zusatzbild (**9**) zu einem anderen Zeitpunkt (t) aufgenommen wurde als das Grundbild (**9**).

8. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 7, ddadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmbare Schranke (S) größer als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln (**7**) ist.

9. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzbedingung gleichartig zur Grundbedingung ist.

10. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzabbildungsparameter (P) von den Grundabbildungsparametern (P) verschieden sind.

11. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusatzbild (**9**) zum gleichen Zeitpunkt (t) aufgenommen wurde wie das Grundbild (**9**) und dass die vorbestimmbare Schranke (S) größer oder gleich Null ist.

12. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusatzbild (**9**) zu einem anderen Zeitpunkt (t) aufgenommen wurde als das Grundbild (**9**).

13. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmbare Schranke (S) größer als der minimale Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Voxeln (**7**) ist.

14. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzbedingung gleichartig oder verschieden zur Grundbedingung ist.

15. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Voxel (**7**) ein Grundvolumendatenwert (D) zugeordnet ist und dass der Rechner die Gefäßvoxel (**7**) anhand der den Voxeln (**7**) zugeordneten Grundvolumendatenwerte (D) selbsttätig bestimmt.

16. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner den Treffervoxeln (**7**) selbsttätig Zusatzvolumendatenwerte (D1–D3) zuordnet, die vom Grundflächendatenwert (d) des jeweils korrespondierenden Grundtrefferpixels (**10**) abhängen.

17. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzvolumendatenwerte (D1–D3) auch von der Anzahl an Treffervoxeln (**7**) abhängen, die auf der jeweils korrespondierenden Grundprojektionslinie (**12**) liegen.

18. Datenträger mit einem auf dem Datenträger gespeicherten Computerprogramm (**3**) zur Durchführung eines Bearbeitungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17.

19. Rechner mit einem Massenspeicher (**2**), in dem ein Computerprogramm (**3**) abgespeichert ist, so dass bei Aufruf des Computerprogramms (**3**) von dem Rechner ein Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17 ausgeführt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

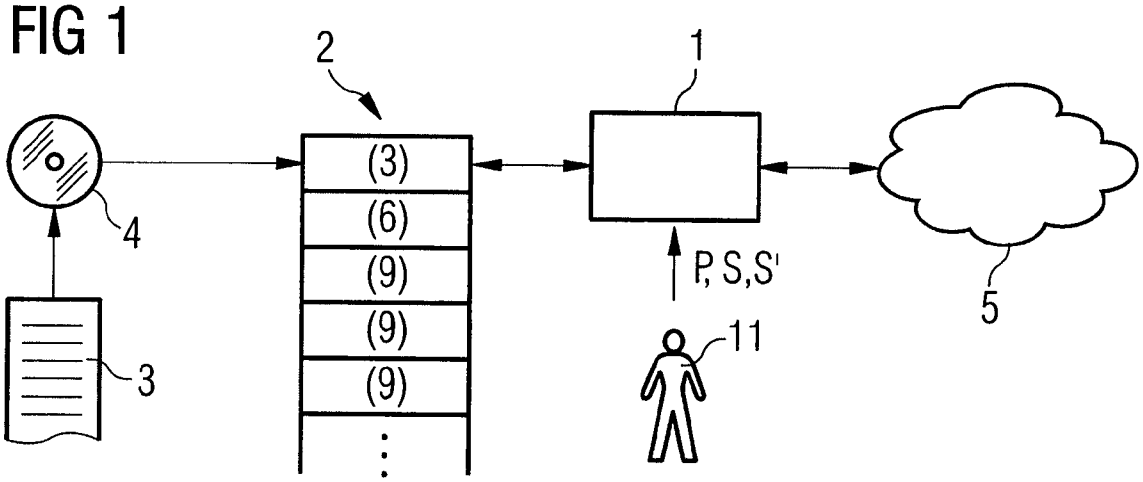


FIG 3

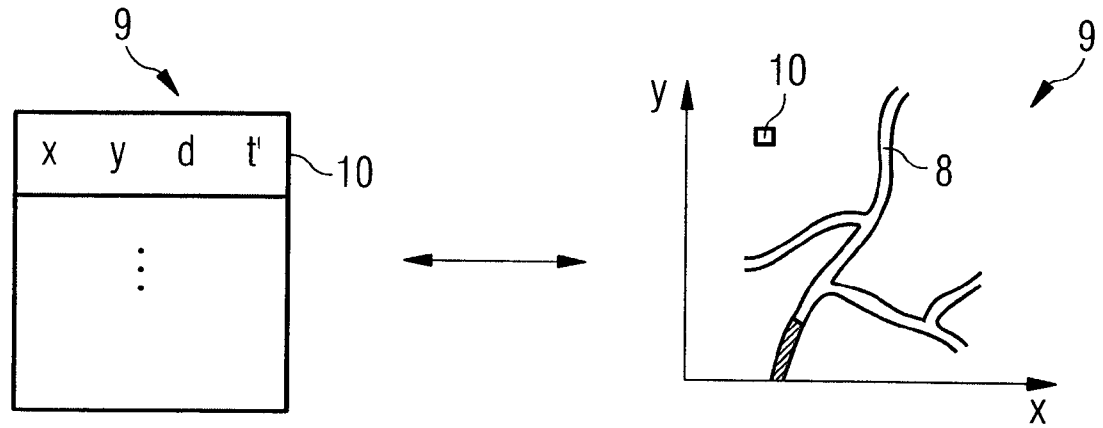


FIG 4

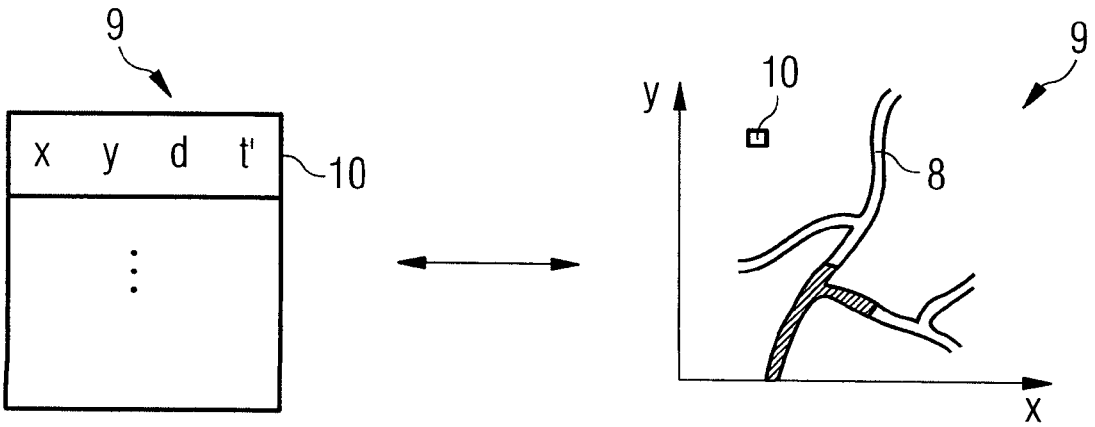


FIG 2

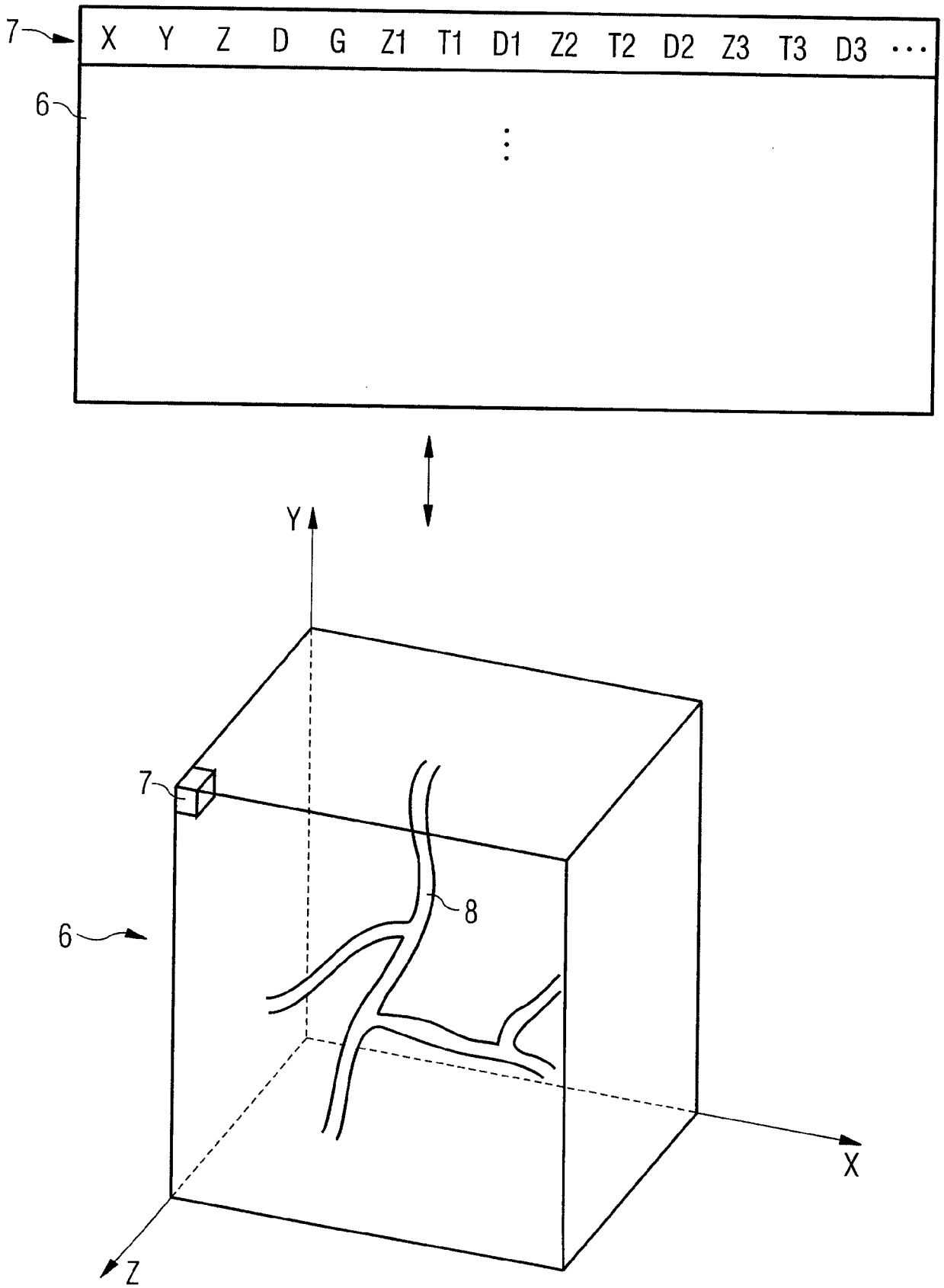


FIG 6

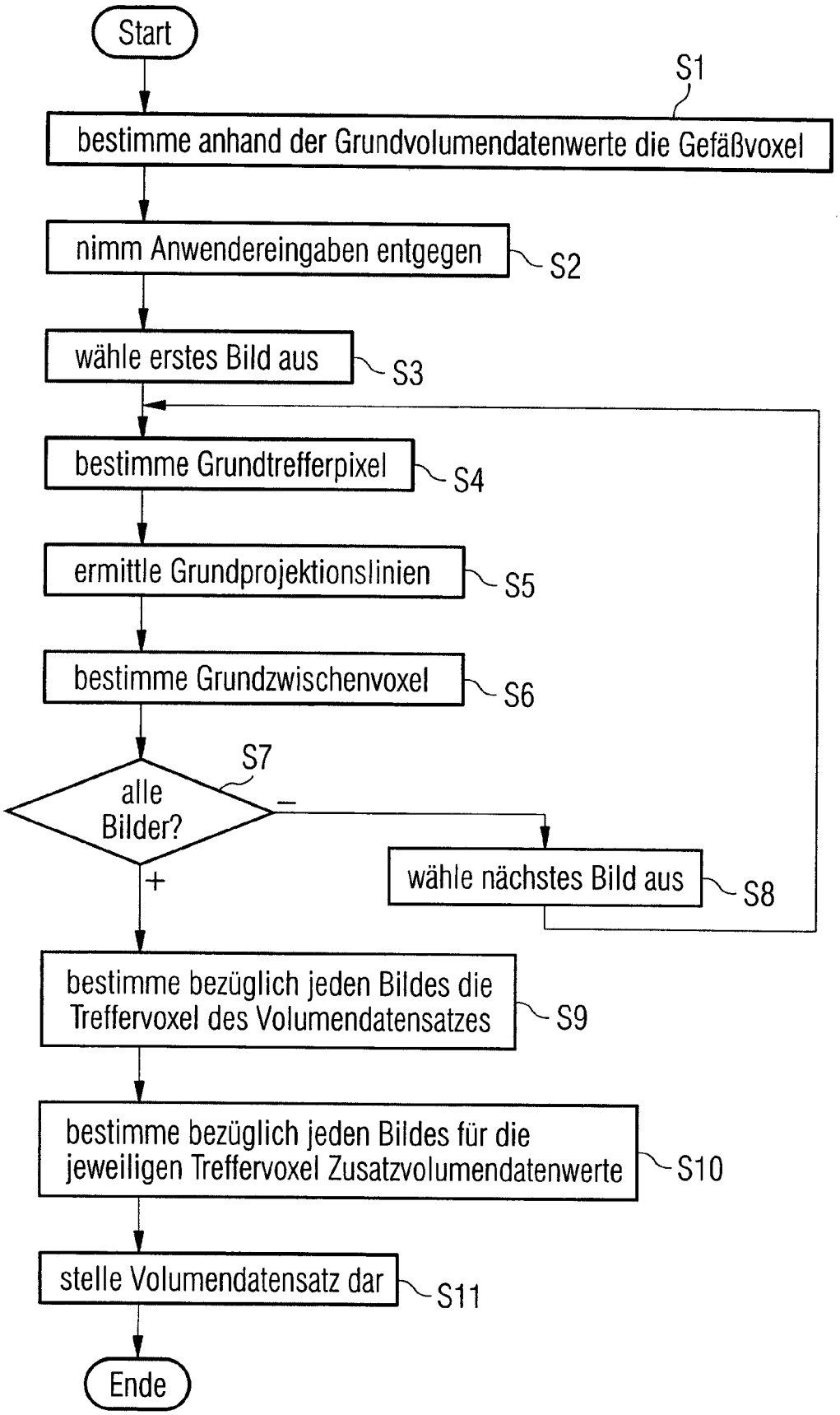

Start
S1
bestimme anhand der Grundvolumendatenwerte die Gefäßvoxel
nimm Anwendereingaben entgegen
S2
wähle erstes Bild aus
S3
bestimme Grundtrefferpixel
S4
ermittle Grundprojektionslinien
S5
bestimme Grundzwischenvoxel
S6
S7
alle Bilder?
–
+
wähle nächstes Bild aus
S8
bestimme bezüglich jeden Bildes die Treffervoxel des Volumendatensatzes
S9
bestimme bezüglich jeden Bildes für die jeweiligen Treffervoxel Zusatzvolumendatenwerte
S10
stelle Volumendatensatz dar
S11
Ende

FIG 7

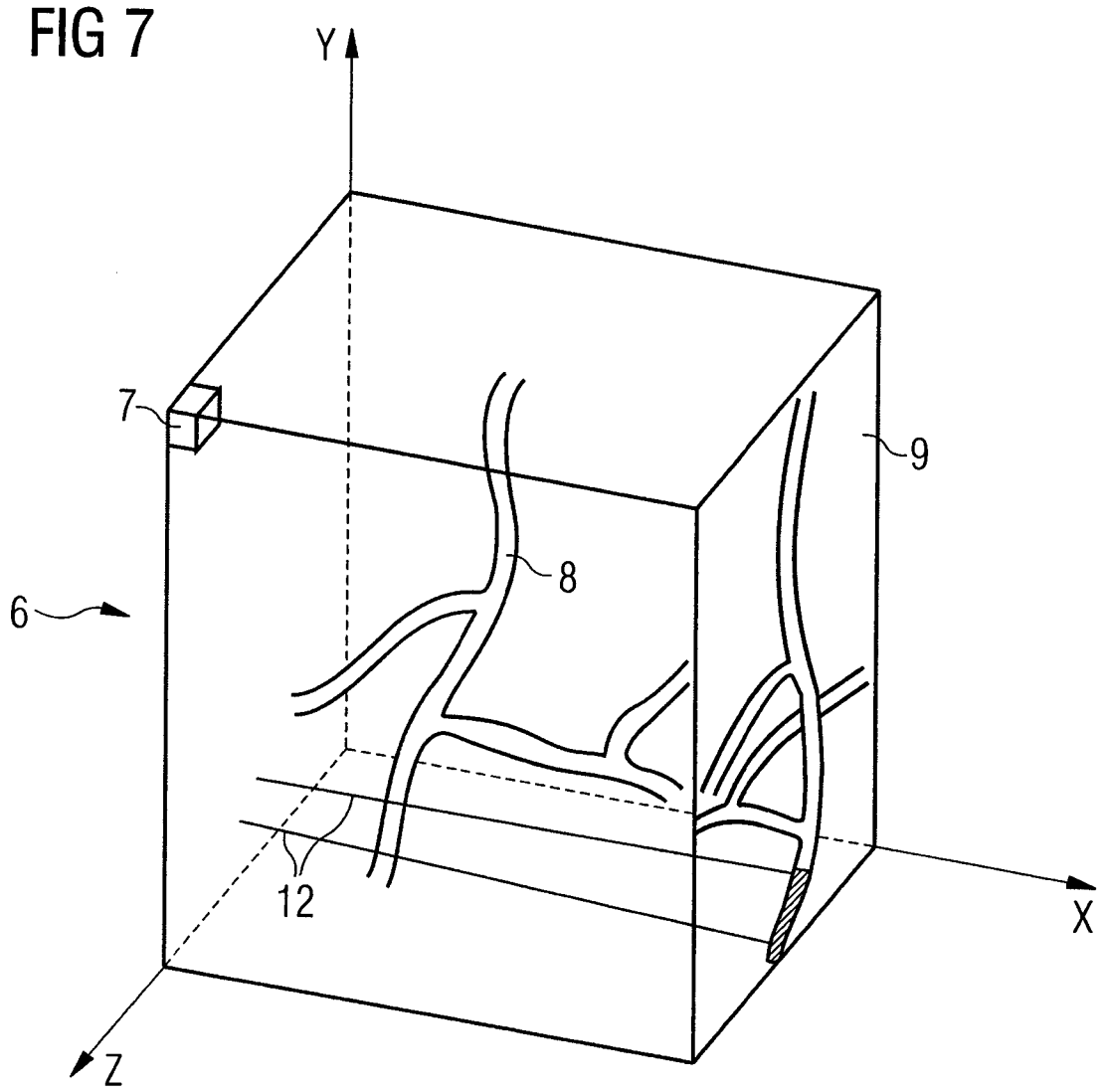


FIG 5

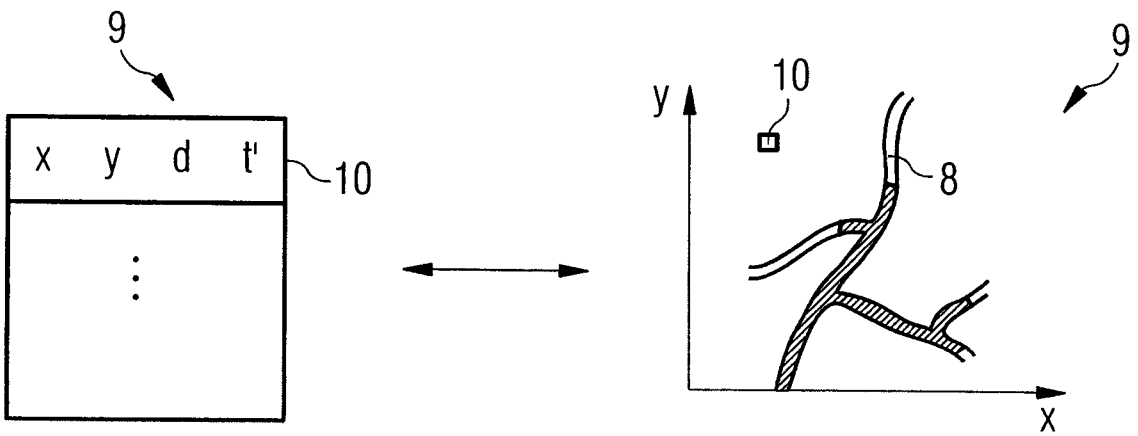


FIG 8

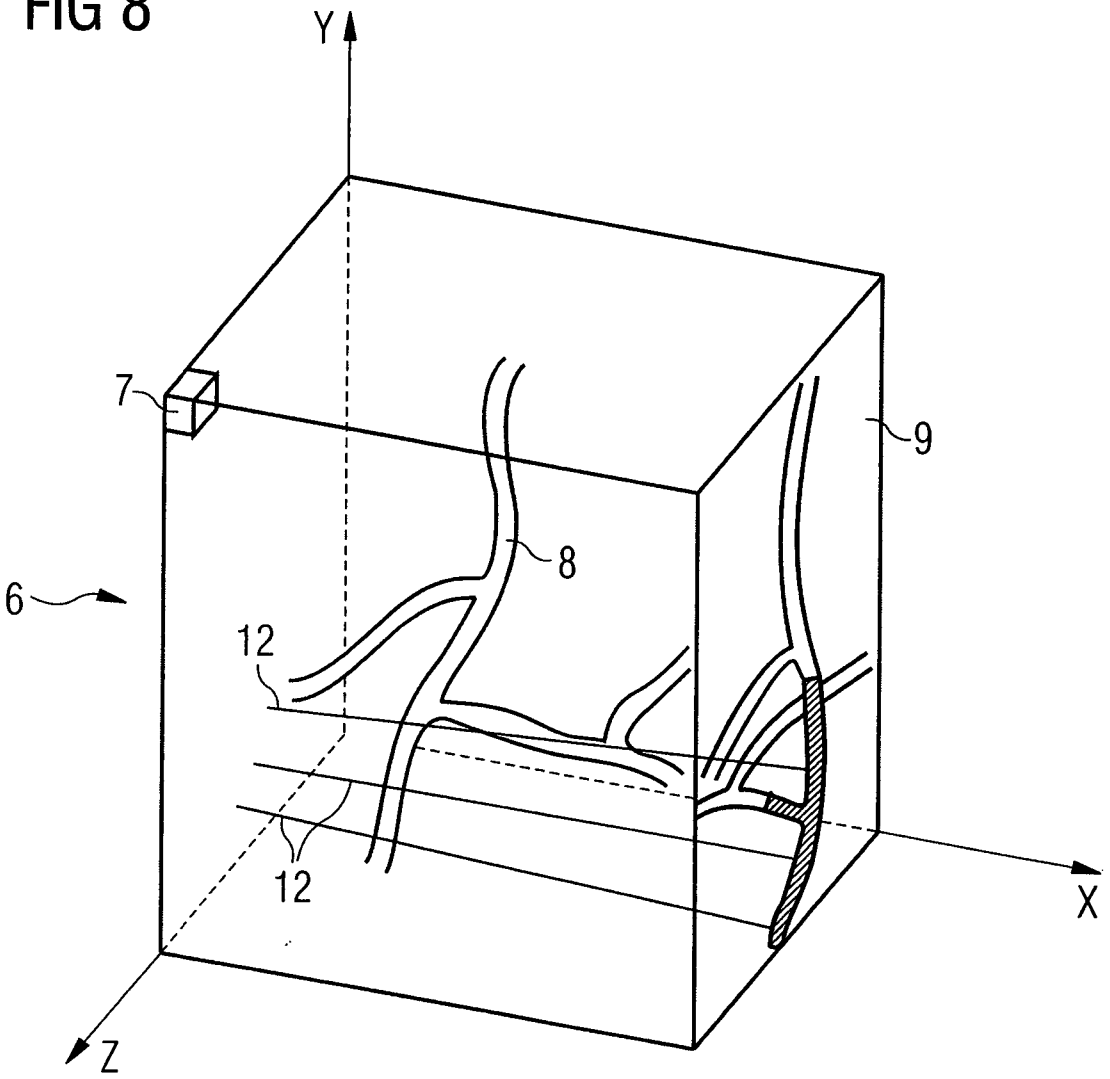


FIG 12

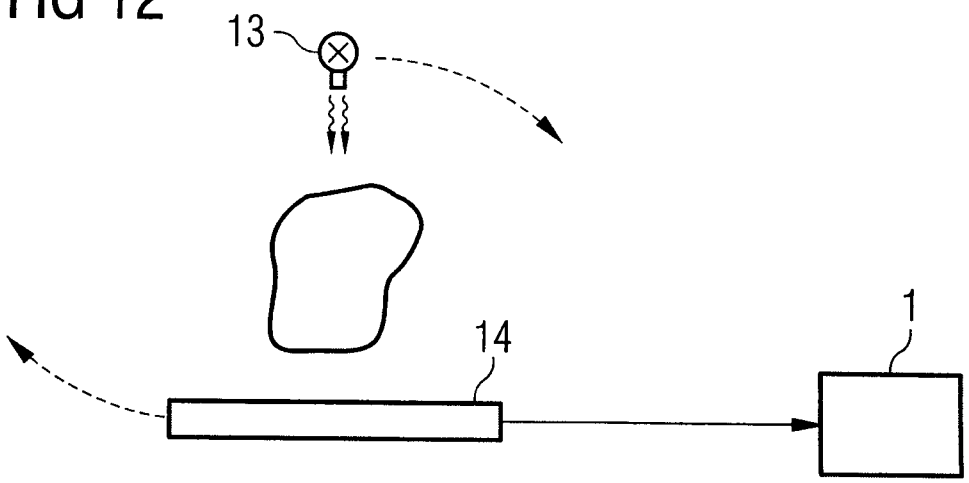


FIG 9

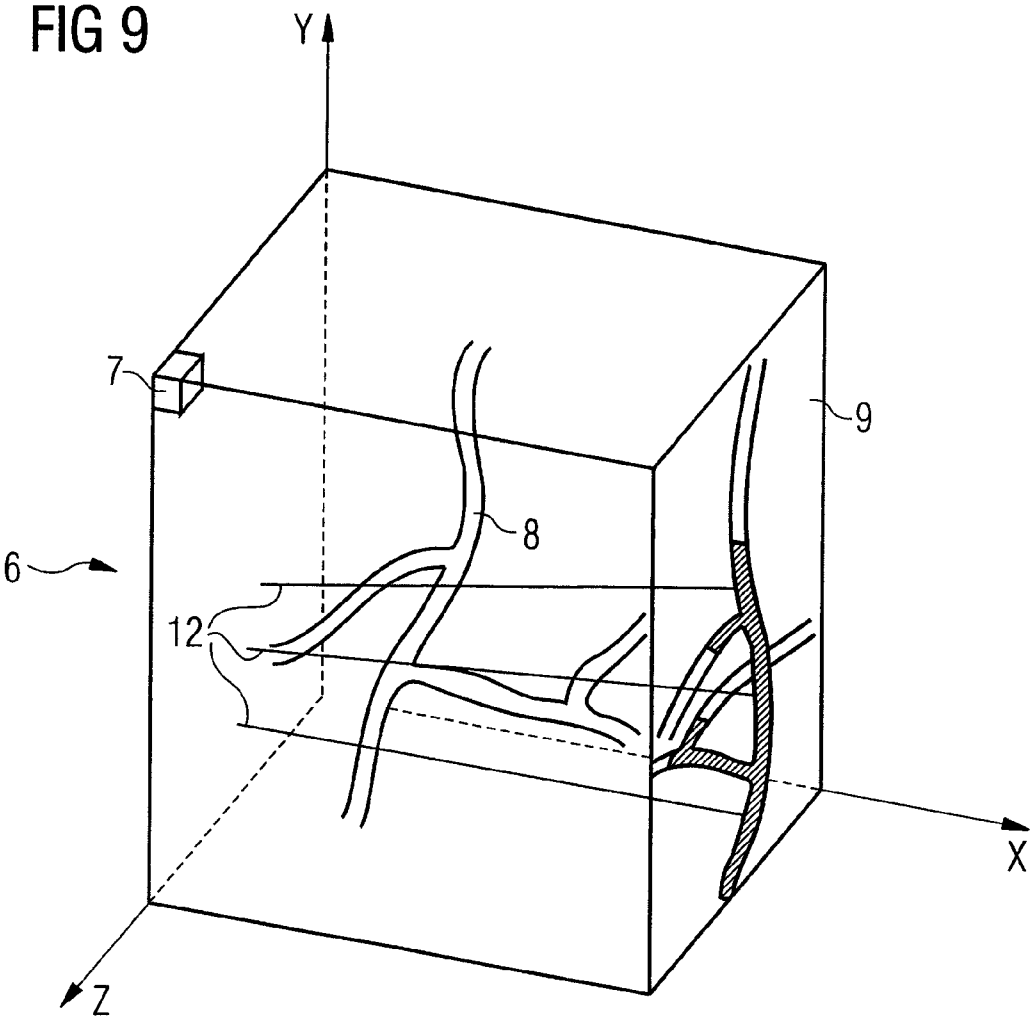


FIG 13

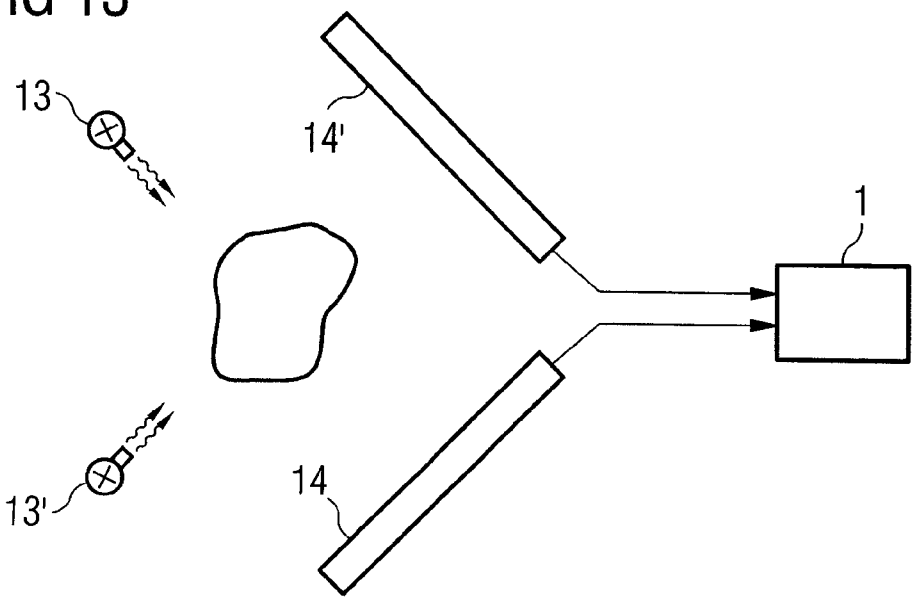


FIG 10

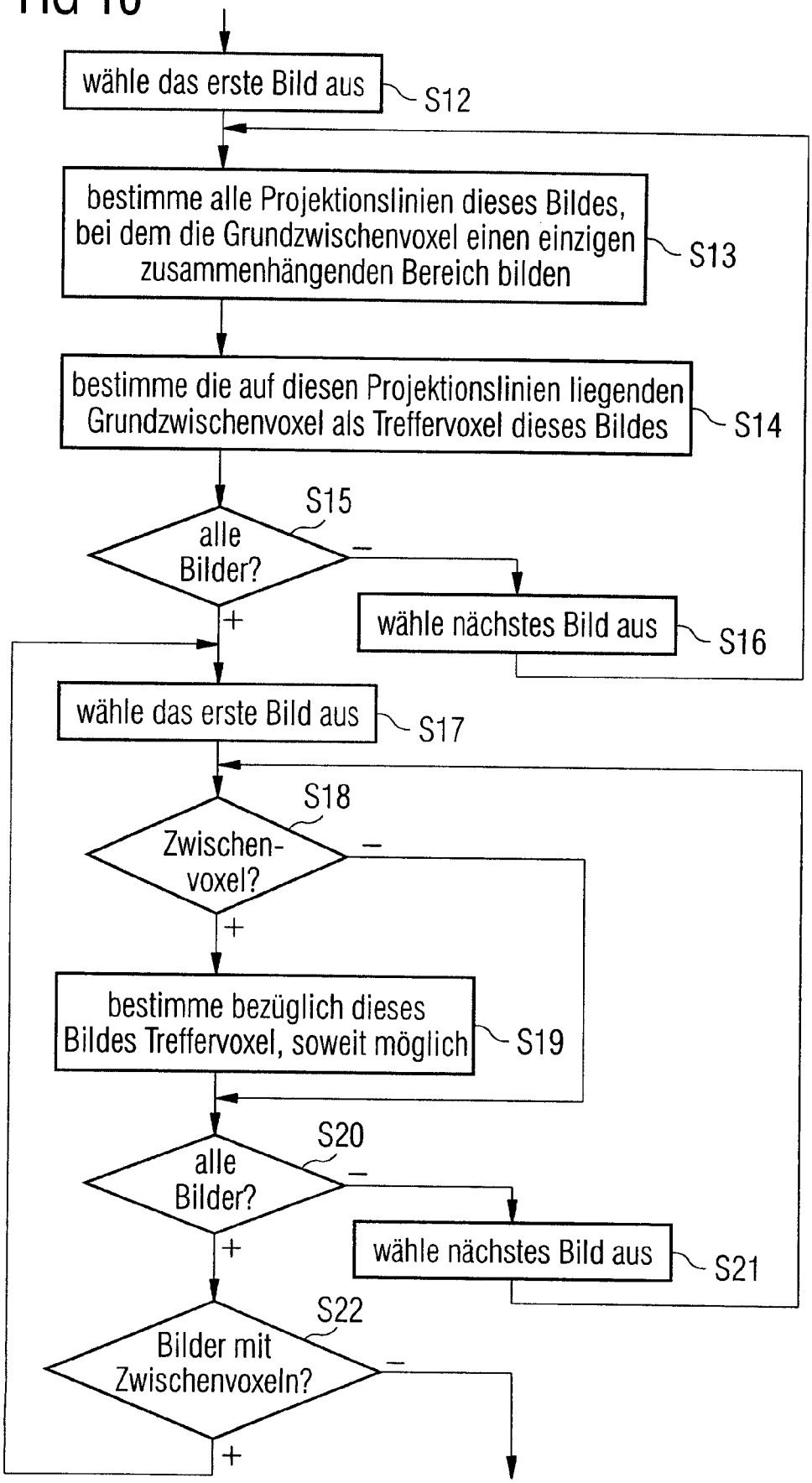
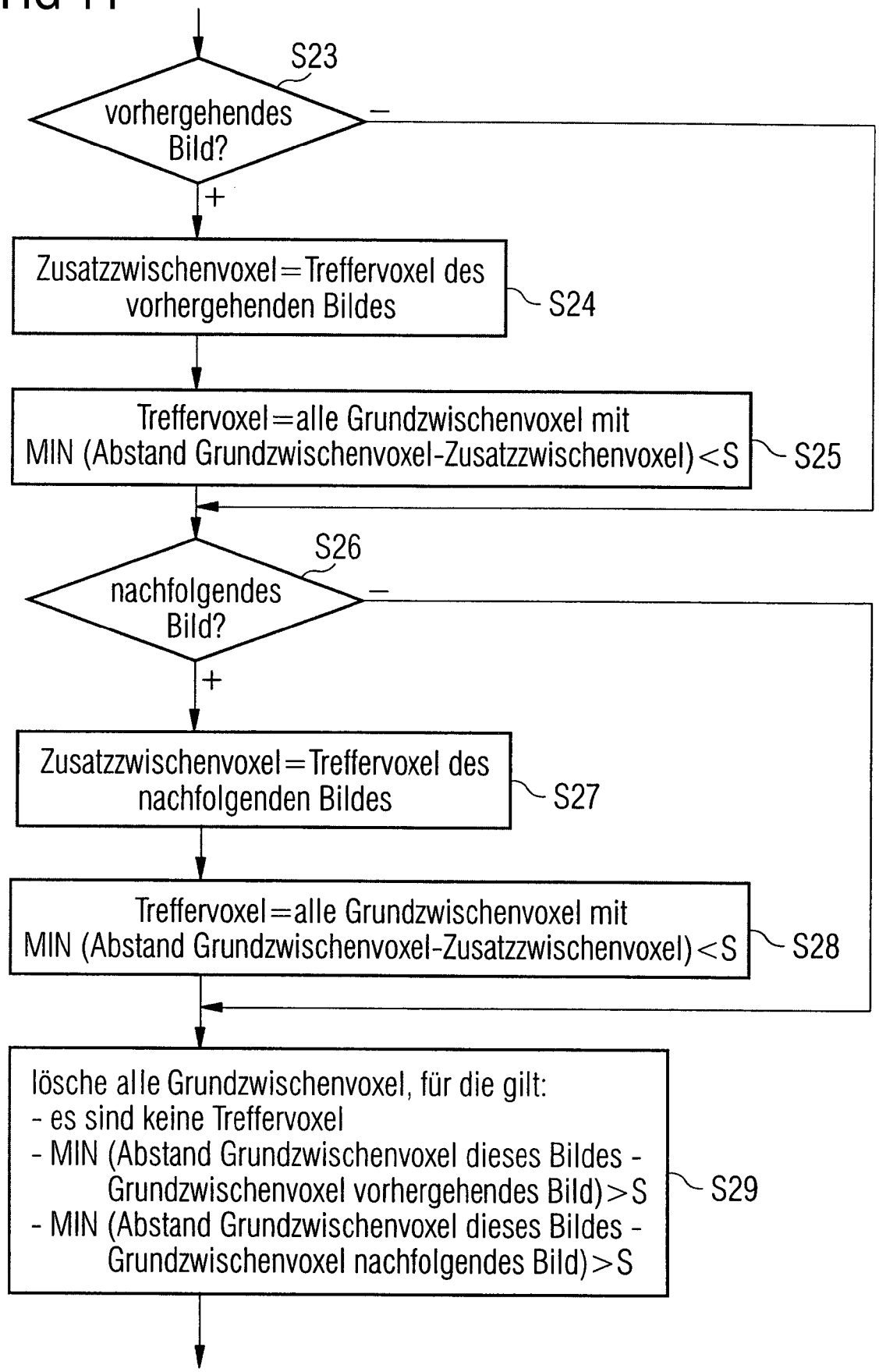

wähle das erste Bild aus
S12
bestimme alle Projektionslinien dieses Bildes, bei dem die Grundzwischenvoxel einen einzigen zusammenhängenden Bereich bilden
S13
bestimme die auf diesen Projektionslinien liegenden Grundzwischenvoxel als Treffervoxel dieses Bildes
S14
S15
alle Bilder?
–
+
wähle nächstes Bild aus
S16
wähle das erste Bild aus
S17
S18
Zwischen-voxel?
–
+
bestimme bezüglich dieses Bildes Treffervoxel, soweit möglich
S19
S20
alle Bilder?
–
+
wähle nächstes Bild aus
S21
S22
Bilder mit Zwischenvoxeln?
–
+

FIG 11


S23
vorhergehendes Bild?
–
+
Zusatzzwischenvoxel=Treffervoxel des vorhergehenden Bildes
S24
Treffervoxel=alle Grundzwischenvoxel mit MIN (Abstand Grundzwischenvoxel-Zusatzzwischenvoxel)<S
S25
S26
nachfolgendes Bild?
–
+
Zusatzzwischenvoxel=Treffervoxel des nachfolgenden Bildes
S27
Treffervoxel=alle Grundzwischenvoxel mit MIN (Abstand Grundzwischenvoxel-Zusatzzwischenvoxel)<S
S28
lösche alle Grundzwischenvoxel, für die gilt:
- es sind keine Treffervoxel
- MIN (Abstand Grundzwischenvoxel dieses Bildes - Grundzwischenvoxel vorhergehendes Bild)>S
- MIN (Abstand Grundzwischenvoxel dieses Bildes - Grundzwischenvoxel nachfolgendes Bild)>S
S29