



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 47 971 B3 2005.06.09**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 47 971.6**
 (22) Anmeldetag: **15.10.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.06.2005**

(51) Int Cl.7: **A61B 6/00**
G01N 23/06

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

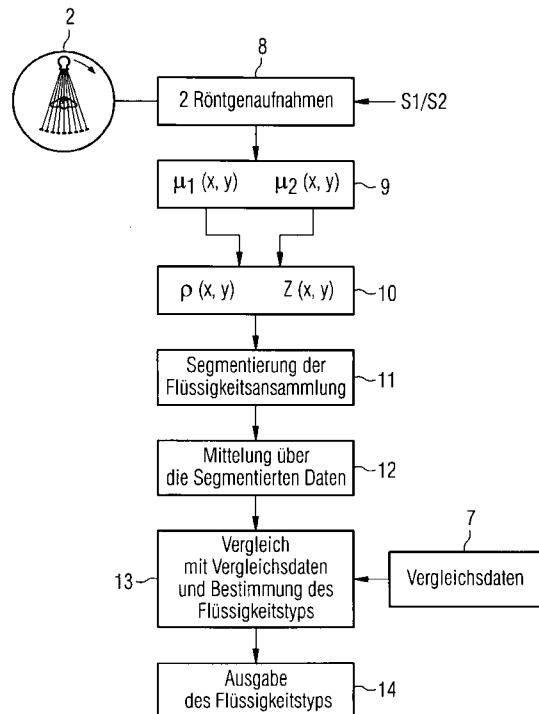
(71) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Heismann, Björn, Dr., 91052 Erlangen, DE;
Mahnken, Andreas Host, Dr., 52064 Aachen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 101 43 131 A1
US 42 47 774
**W. Kalender et al. in "Materialelektive Bild-
 gebung und Dichtemessung mit der
 Zwei-Spekren-
 Methode, I.Grundlagen und Methodik", Digit.
 Bilddiagn. 7, 1987, 66-77, Georg Thieme Verlag;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt (21), bei denen Röntgenschwächungsdaten aus einer oder mehreren Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt (21) umfassenden Objektbereichs bereitgestellt werden, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren (S1, S2) oder Detektorgewichtungen erfasst wurden. Aus den Röntgenschwächungsdaten werden Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und gemittelt, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten. Weiterhin werden Vergleichsdaten bereitgestellt, die Schwankungsbereiche von Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte unterschiedlicher Flüssigkeitstypen angeben. Der Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung werden mit den Vergleichsdaten verglichen, um den Schwankungsbereich und somit den Flüssigkeitstyp zu ermitteln, in den die beiden Mittelwerte fallen. Mit dem Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung lässt sich der Flüssigkeitstyp einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt zuverlässig und eindeutig bestimmen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt mittels Röntgenstrahlung. Das Verfahren und die Vorrichtung sind insbesondere zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps von Flüssigkeitsansammlungen in Körper von Patienten geeignet.

Stand der Technik

[0002] Sowohl spontan als auch nach größeren Operationen bilden sich oft Flüssigkeitsansammlungen im Körper von Patienten. Die eindeutige und zuverlässige Identifizierung des Flüssigkeitstyps spielen für die ggf. erforderliche Behandlung des Patienten eine wesentliche Rolle. Dabei ist insbesondere die Differenzierung zwischen Eiter, Blut, Wundwasser (Lymphe) und Urin wichtig. Weitere mögliche Flüssigkeiten sind bspw. Galle, Aszites und Exsudat im Pleuralraum. Die genaue Zusammensetzung derartiger Flüssigkeitsansammlungen kann dabei innerhalb gewisser Schwankungsbreiten variieren.

[0003] In der Regel werden Flüssigkeitsansammlungen im Körper eines Patienten nach einer Computertomographie (CT)-Untersuchung in den CT-Aufnahmen erkannt. Werden diese Flüssigkeitsansammlungen als kritisch befunden, so ist derzeit regelmäßig eine invasive Diagnostik, bspw. eine Punktion oder eine Operation, erforderlich, um eine weitere Differenzierung des Befundes vorzunehmen, insbesondere den Flüssigkeitstyp zu bestimmen.

[0004] Das Ergebnis radiographischer Verfahren, wie bspw. der Computer-Tomographie, der Mammographie, der Angiographie, der Röntgen-Inspektionstechnik oder vergleichbarer Verfahren, ist zunächst die Darstellung der Schwächung eines Röntgenstrahls entlang seines Weges von der Röntgenquelle zum Röntgendetektor in einem Projektionsbild. Diese Schwächung wird von den durchstrahlten Materialien entlang des Strahlengangs verursacht, so dass die Schwächung auch als Linienintegral über die Schwächungskoeffizienten aller Volumenelemente (Voxel) entlang des Strahlenweges verstanden werden kann. Insbesondere bei Tomographie-Verfahren, bspw. bei der Röntgencomputertomographie, ist es über Rekonstruktionsverfahren möglich, von den projizierten Schwächungsdaten auf die Schwächungskoeffizienten μ der einzelnen Voxel zurückzurechnen und damit zu einer erheblich sensitiveren Untersuchung als bei reiner Betrachtung von Projektionsbildern zu gelangen.

[0005] Zur Darstellung der Schwächungsverteilung wird statt des Schwächungskoeffizienten in der Regel ein auf den Schwächungskoeffizienten von Wasser normierter Wert, die sog. CT-Zahl, verwendet. Diese

berechnet sich aus einem aktuell durch Messung ermittelten Schwächungskoeffizienten μ und dem Referenz-Schwächungskoeffizienten μ_{H_2O} nach folgender Gleichung:

$$C = 1000x \frac{\mu - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O}} [HU]$$

mit der CT-Zahl C in der Einheit Hounsfield [HU]. Für Wasser ergibt sich ein Wert $C_{H_2O} = 0$ HU und für Luft ein Wert $C_L = -1000$ HU. Da beide Darstellungen ineinander transformierbar bzw. äquivalent sind, bezeichnet im Folgenden der allgemein gewählte Begriff Schwächungswert oder Schwächungswertkoeffizient sowohl den Schwächungskoeffizienten μ als auch den CT-Wert.

[0006] Obgleich die Aussagekraft eines auf den lokalen Schwächungskoeffizienten basierenden Bildes deutlich erhöht ist, kann es im Einzelfall dennoch Probleme bei der Interpretation eines Bildes geben. Ein lokal erhöhter Schwächungswert lässt sich nämlich entweder auf Materialien höherer Ordnungszahl, wie bspw. Calcium im Skelett oder Jod in einem Kontrastmittel zurückführen, oder auf eine erhöhte Weichteildichte, wie etwa bei einem Lungenknoten. Der lokale Schwächungskoeffizient μ am Ort \vec{r} ist abhängig von der in das jeweilige Gewebe bzw. Material eingestrahlten Röntgenenergie E und der lokalen Gewebe- bzw. Materialdichte ρ entsprechend der folgenden Gleichung: $\mu = \mu(E, \vec{r}) = (\mu/\rho)(E, Z) \times \rho(\vec{r})$ mit dem energie- und materialabhängigen Massenschwächungskoeffizienten $(\mu/\rho)(E, Z)$ und der (effektiven) Ordnungszahl Z.

[0007] Die energieabhängige Röntgenabsorption eines Materials, die von seiner effektiven Ordnungszahl Z bestimmt wird, überlagert daher die von der Materialdichte ρ beeinflusste Röntgenabsorption. Materialien bzw. Gewebe unterschiedlicher chemischer wie physikalischer Zusammensetzung, insbesondere auch Flüssigkeitsansammlungen, können daher im Röntgenbild identische Schwächungswerte aufweisen. Umgekehrt kann aus dem Schwächungswert einer Röntgenaufnahme nicht auf die Materialzusammensetzung eines Untersuchungsobjekts geschlossen werden.

[0008] Im Kontext dieser Beschreibung wird der Begriff Ordnungszahl, so weit nicht anders angegeben, nicht im strengen, Elementbezogenen Sinn verwendet, sondern bezeichnet statt dessen eine effektive Ordnungszahl eines Gewebes bzw. Materials, die sich aus den chemischen Ordnungszahlen und Atomgewichten der am Aufbau des Gewebes bzw. Materials beteiligten Elemente berechnet.

[0009] Aus der US 4,247,774 ist im Zusammenhang mit computergestützten Tomographieverfahren bekannt, voneinander verschiedene Röntgenspektren oder Röntgenquantenenergien zur Erzeugung eines

Bildes zu verwenden. Derartige Verfahren werden allgemein als Zwei-Spektren-CT bezeichnet. Sie nutzen die Ordnungszahlbedingte Energieabhängigkeit des Schwächungskoeffizienten μ aus, d. h. sie basieren auf dem Effekt, dass Materialien und Gewebe höherer Ordnungszahl niederenergetische Röntgenstrahlung deutlich stärker absorbieren als Materialien bzw. Gewebe niedrigerer Ordnungszahl. Bei höheren Röntgenstrahlenergien gleichen sich dagegen die Schwächungswerte an und sind vorwiegend eine Funktion der Materialdichte. Bei der Zwei-Spektren-CT werden dann bspw. die Unterschiede in den bei unterschiedlichen Röntgenröhrenspannungen aufgenommenen Bildern berechnet.

[0010] Noch spezifischere Aussagen werden erhalten, wenn zusätzlich die Methode der sog. Basismaterialzerlegung bei Röntgenaufnahmen angewendet wird, wie sie etwa W. Kalender et al. in „Materialelektive Bildgebung und Dichtemessung mit der Zwei-Spektren-Methode, I. Grundlagen und Methodik“, Digit. Bilddiagn. 7, 1987, 66–77, Georg Thieme Verlag, beschreiben. Bei diesem Verfahren werden die Röntgenschwächungswerte eines Untersuchungsobjektes mit Röntgenstrahlen niedriger und höherer Energie gemessen und die erhaltenen Werte mit den entsprechenden Referenzwerten zweier Basismaterialien wie bspw. Calcium für Skelettmaterial und Wasser für Weichteilgewebe verglichen. Es wird angenommen, dass sich jeder Messwert als lineare Superposition der Messwerte der beiden Basismaterialien darstellen lässt. So kann für jedes Element der bildlichen Darstellung des Untersuchungsobjektes aus dem Vergleich mit den Werten der Basismaterialien ein Skelettanteil und ein Weichteilgewebeanteil berechnet werden, so dass eine Transformation der ursprünglichen Aufnahmen in Darstellungen der beiden Basismaterialien resultiert. Die Basismaterialzerlegung bzw. das Zwei-Spektren-Verfahren eignen sich damit zur Auftrennung bzw. Unterscheidung von vordefinierten anatomischen Strukturen oder Materialarten in menschlichen und tierischen Geweben mit stark unterschiedlicher Ordnungszahl.

[0011] Aus der deutschen Patentanmeldung DE 101 43 131 A1 ist weiterhin ein Verfahren bekannt, dessen Sensitivität und Aussagekraft die der Basismaterialzerlegung noch übertrifft und bspw. eine funktionale CT-Bildgebung hoher Aussagekraft ermöglicht. Mit dem Verfahren kann die räumliche Verteilung der Dichte ρ (r) und der effektiven Ordnungszahl Z (r) durch Auswertung der spektral beeinflussten Messdaten einer Röntgenapparatur berechnet werden. Aus einer kombinierten Auswertung der Verteilung der Dichte sowie der effektiven Ordnungszahl lassen sich Körperbestandteile wie bspw. Jod oder dergleichen quantitativ bestimmen und bspw. Calcifizierungen basierend auf der Ordnungszahl heraussegmentieren. Eine zuverlässige Bestimmung des Flüssigkeitstyps von Flüssigkeitsansammlungen im

Körper des Untersuchungsobjektes ermöglichen die bisher bekannten Verfahren jedoch nicht.

Aufgabenstellung

[0012] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt anzugeben, mit denen sich der Flüssigkeitstyp eindeutig und zuverlässig identifizieren lässt.

[0013] Die Aufgabe wird mit den Verfahren sowie der Vorrichtung gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0014] Beim vorliegenden Verfahren zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt, insbesondere in einem Körperbereich eines Patienten, werden Röntgenschwächungsdaten aus einer oder mehreren Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt umfassenden Objektbereiches bereitgestellt, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren oder spektralen Detektorgewichtungen erfasst wurden. Aus den Röntgenschwächungsdaten werden Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und gemittelt, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten. Weiterhin werden Vergleichsdaten bereitgestellt, die Schwankungsbereiche von Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte unterschiedlicher Flüssigkeitstypen angeben. Die Mittelwerte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung werden mit den Vergleichsdaten verglichen, um den Schwankungsbereich zu ermitteln, in den die beiden Mittelwerte fallen. Schließlich wird aus diesem Vergleich der Flüssigkeitstyp der Vergleichsdaten als Flüssigkeitstyp der Flüssigkeitsansammlung bestimmt, der dem ermitteltem Schwankungsbereich in den Vergleichsdaten zugeordnet ist.

[0015] Die zugehörige Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt umfasst zumindest eine Röntgenquelle zur Emission von Röntgenstrahlung und mehrere der Röntgenquelle gegenüberliegende Röntgendetektoren zum Erfassen von Röntgenschwächungsdaten eines zwischen der Röntgenquelle und den Röntgendetektoren angeordneten Objekts sowie eine Auswerteeinheit zur Umwandlung von elektrischen Signalen der Röntgendetektoren in Röntgenschwächungsdaten. Die Vorrichtung zeichnet sich

dadurch aus, dass die Auswerteeinheit ein Modul zur Flüssigkeitsbestimmung umfasst, das aus Röntgenschwächungsdaten einer oder mehrerer Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt umfassenden Objektbereiches, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren oder Detektorgewichtungen erfasst wurden, Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und darüber mittelt, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und einen Mittelwert der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten, und die Mittelwerte mit Vergleichsdaten einer Speichereinheit vergleicht, die Schwankungsbereiche von Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte unterschiedlicher Flüssigkeitstypen angeben, um den Schwankungsbereich zu bestimmen, in den die beiden Mittelwerte fallen. Das Modul der Auswerteeinheit ist weiterhin derart ausgebildet, dass es dem Bediener einen Hinweis auf den Flüssigkeitstyp ausgibt, der dem durch Vergleich automatisch bestimmten Schwankungsbereich zugeordnet ist.

[0016] Der in der vorliegenden Beschreibung verwendete Begriff Röntgenspektrum besitzt eine weiter gefasste Bedeutung als nur die Spektralverteilung einer von der Röntgenquelle der Vorrichtung emittierten Röntgenstrahlung. Auch auf Seiten der Röntgendetektoren können unterschiedliche Spektralanteile einer Strahlung mit unterschiedlichen Wirkungsgraden umgesetzt und somit verschieden gewichtet werden. Die daraus resultierende effektive Spektralverteilung wird in der vorliegenden Patentanmeldung ebenfalls als Röntgenspektrum bezeichnet.

[0017] Mit dem vorgeschlagenen Verfahren lassen sich somit aus den Röntgenschwächungsdaten einer oder mehrerer Röntgenaufnahmen des interessierenden Objektbereiches, vorzugsweise unter Einsatz des aus der DE 101 43 131 A1 bekannten Technik der Ermittlung der räumlichen Verteilung der Dichte und der effektiven Ordnungszahl, aus zumindest zwei Röntgenaufnahmen mit unterschiedlichen Röntgenspektren die Flüssigkeitstypen der jeweiligen Flüssigkeitsansammlungen eindeutig identifizieren. Hierbei werden Vergleichsdaten eingesetzt, die lediglich einmalig auf Basis entsprechender Vormessungen festgelegt werden müssen. Bei diesen Vormessungen wird eine hinreichend große Anzahl von Proben einer bestimmten Körperflüssigkeit, vorzugsweise 6 oder mehr Proben, mit den auch bei den nachfolgenden Aufnahmen eingesetzten unterschiedlichen Röntgenspektren vermessen und aus den erhaltenen Röntgenschwächungsdaten unter Einsatz der vorgenannten Technik die Werte der Dichte und der Ordnungszahl dieser Proben bestimmt. Die Vormessungen werden mit unterschiedlichen Körperflüssigkeiten durchgeführt, wie sie typischerweise als Flüssigkeitsansammlungen im Körper eines Patienten auftreten. Auf Grund der schwankenden Zusam-

mensetzung derartiger Körperflüssigkeiten werden aus diesen Vormessungen unterschiedliche Kombinationen der Dichte und effektiven Ordnungszahl erhalten. Anschließend werden Schwankungsbereiche dieser Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für den jeweiligen Flüssigkeitstyp festgelegt, in denen die gemessenen Werte des zugehörigen Flüssigkeitstyps liegen. Die aus diesen Vormessungen erhaltenen Schwankungsbereiche und zugeordneten Flüssigkeitstypen werden beim vorliegenden Verfahren bzw. der zugehörigen Vorrichtung als Vergleichsdaten bereitgestellt.

[0018] Für die Durchführung des Verfahrens werden weiterhin die Röntgenschwächungsdaten aus einer oder mehreren Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt umfassenden Objektbereiches bereitgestellt, die mit den zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren erfasst wurden. Selbstverständlich kann die Durchführung dieser Röntgenaufnahmen auch Bestandteil des vorliegenden Verfahrens sein. Unter Röntgenschwächungsdaten werden in der vorliegenden Patentanmeldung die aus den Aufnahmen erhaltenen Schwächungswerte, d. h. entweder direkt die Schwächungskoeffizienten μ oder die von diesem linear abhängige CT-Zahl C , verstanden. Diese Röntgenschwächungsdaten geben jeweils eine räumliche Verteilung der Schwächungswerte an, aus denen durch Auswertung eine räumliche Verteilung effektiver Ordnungszahlen sowie eine räumliche Verteilung der Dichte ermittelt werden kann. Einzelheiten zu der zugehörigen Technik können der DE 101 43 131 A1 entnommen werden, deren Offenbarungsgehalt in die vorliegende Patentanmeldung ausdrücklich einbezogen wird. Beim vorliegenden Verfahren werden vorzugsweise mittels dieser Technik zumindest die Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für den Bereich der Flüssigkeitsansammlung in den Röntgenschwächungsdaten bestimmt und über diese Daten gemittelt. Auf diese Weise wird ein Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und ein Mittelwert der Dichte der Flüssigkeitsansammlung erhalten. Je nach Art der durchgeführten Röntgenaufnahmen, bspw. Röntgen-CT-Aufnahme oder einfache Röntgendurchleuchtung, umfasst diese Mittelung entweder ein dreidimensionales oder ein zweidimensionales Datenfeld. Durch einen Vergleich der entsprechend gemittelten effektiven Ordnungszahl und der gemittelten Dichte der Flüssigkeitsansammlung mit den Vergleichsdaten kann der in den Vergleichsdaten definierte Bereich, in den diese Mittelwerte fallen, und somit der Flüssigkeitstyp der Flüssigkeitsansammlung eindeutig bestimmt werden.

[0019] Das vorliegende Verfahren lässt sich dabei sowohl in-vivo als auch in-vitro durchführen. Auch die Bestimmung von Flüssigkeitsansammlungen in nicht menschlichen oder tierischen Körpern ist mit dem Verfahren und der Vorrichtung selbstverständlich

möglich.

[0020] Die durch die Röntgenschwächungsdaten repräsentierten beiden Schwächungswertverteilungen müssen nicht notwendiger Weise nacheinander als zwei Aufnahmen mit unterschiedlicher Röhrenspannung aufgezeichnet werden. Da jede Röntgenröhre ein Spektrum mit einer gewissen Breite emittiert, ist es bei entsprechender spektralselektiver Ausgestaltung der zugehörigen Empfangseinheit auch möglich, die beiden Schwächungswertverteilungen weitestgehend oder völlig simultan aufzunehmen. Hierzu könnten z. B. in den Strahlengang zustellbare Filter und/oder zwei gesonderte vorhandene Röntgendetektorarrays verwendet werden. Weiterhin kann die Empfangseinheit zur Durchführung des Verfahrens mit einem Quantenenergieselektiven Röntgendetektorarray ausgestattet sein.

[0021] Die Bestimmung der Dichtewerte und effektiven Ordnungszahlen der Flüssigkeitsansammlungen aus den Röntgenschwächungsdaten erfolgt vorzugsweise mit der Technik der bereits genannten DE 101 43 131 A1. Hierbei wird eine erste funktionale Abhängigkeit eines ersten Schwächungswertes der ersten Schwächungswertverteilung, d. h. der mit dem ersten Röntgenspektrum aufgezeichneten Röntgenschwächungsdaten, von Dichte und Ordnungszahl und zumindest eine zweite funktionale Abhängigkeit eines dem ersten Schwächungswert zugeordneten zweiten Schwächungswertes der zweiten Schwächungswertverteilung, d. h. der mit dem zweiten Röntgenspektrum aufgezeichneten Röntgenschwächungsdaten, von Dichte und Ordnungszahl bestimmt. Aus einem Vergleich der ersten funktionalen Abhängigkeit mit der zweiten funktionalen Abhängigkeit und ggf. weiterer funktionaler Abhängigkeiten wird die räumliche Ordnungszahlverteilung sowie die räumliche Dichteverteilung zumindest im Bereich der Flüssigkeitsansammlung ermittelt. Vorzugsweise erfolgt hierbei die Bestimmung der funktionalen Abhängigkeit der Schwächungswerte von Dichte und Ordnungszahl für zumindest ein Röntgenspektrum mittels Referenzmessungen an einer Eichprobe oder in Form einer Simulation auf der Basis eines physikalischen Modells.

[0022] In einer anderen vorzugsweisen Ausgestaltung wird ein Umformen der Schwächungswertverteilungen in eine Verteilung der Dichte und eine Verteilung der Ordnungszahl für jeden der zugeordneten Schwächungswerte der ersten Schwächungswertverteilung und der weiteren Schwächungswertverteilungen auf der Grundlage der Ermittlung eines Wertepaares für Dichte und Ordnungszahl so vorgenommen, dass das Wertepaar die vorab bestimmten funktionalen Abhängigkeiten der Röntgenabsorption von Dichte und Ordnungszahl für das erste Röntgenstrahlspektrum und zumindest ein weiteres Röntgenstrahlspektrum erfüllt. Damit können Dichte und Ordnungszahl für ein Bildelement einfach als Schnitt-

menge der funktionalen Abhängigkeiten der jeweils einander zugeordneten Schwächungswerte der aufgezeichneten Verteilungen der Schwächungswerte berechnet werden.

[0023] Vorteilhafterweise weist das erste Röntgenspektrum eine Quantenenergie auf, die relativ zur Quantenenergie des zweiten Röntgenspektrums eine Röntgenabsorption durch den Photoeffekt begünstigt, so dass eine hohe Auflösung in der Bestimmung der Ordnungszahlen erhalten wird.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zum Verändern eines Röntgenspektrums für das Aufzeichnen des Objekts eine Veränderung zumindest eines Betriebsparameters der Röntgenröhre vorgenommen, wobei die Röntgenquelle in einem ersten Betriebszustand ein erstes Röntgenspektrum und in einem zweiten Betriebszustand ein davon verschiedenes zweites Röntgenspektrum emittiert, so dass ein schneller Wechsel zwischen zwei Röntgenspektren ermöglicht wird.

[0025] Weiterhin kann zum Verändern eines Röntgenspektrums für das Aufzeichnen des Objekts eine Veränderung der Detektorcharakteristik vorgenommen werden, wobei der Röntgendetektor spektrale Teilbereiche der von der Röntgenquelle empfangenen Röntgenstrahlung in voneinander unabhängige elektrische Signale umsetzt und hierbei ein simultanes Aufzeichnen von Verteilungen der Schwächungswerte bei unterschiedlichen Röntgenspektren zulässt.

[0026] Das vorliegende Verfahren und die zugehörige Vorrichtung werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

[0027] Fig. 1 ein Ablaufdiagramm zur Erzeugung der Vergleichsdaten für das vorliegende Verfahren;

[0028] Fig. 2 ein Beispiel für die Definition unterschiedlicher Schwankungsbereiche der Kombination von Dichte und effektiver Ordnungszahl unterschiedlicher Flüssigkeitstypen anhand eines Z-p-Diagramms;

[0029] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm des vorliegenden Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0030] Fig. 4 anhand einer Isoabsorptionslinie das Zustandekommen identischer Schwächungswerte bei Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung;

[0031] Fig. 5a ein beispielhaftes Funktionsschema einer Berechnungsmethode zur Ermittlung von Isoabsorptionslinien als Teil des Verfahrens gemäß Fig. 3;

[0032] Fig. 5b ein beispielhaftes Ablaufdiagramm der Transformation der Röntgenschwächungsdaten in Werte der Materialdichte und Ordnungszahl als Teil des Verfahrens gemäß Fig. 3;

[0033] Fig. 6 zwei Isoabsorptionslinien eines Materials bei zwei unterschiedlichen Röntgenspektren; und

[0034] Fig. 7 schematisch den grundsätzlichen Aufbau der vorliegenden Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0035] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die Erzeugung der Vergleichsdaten, wie sie beim vorliegenden Verfahren sowie der zugehörigen Vorrichtung zum Einsatz kommen. Hierbei werden in einem ersten Schritt **1** Proben unterschiedlicher Flüssigkeitstypen bereitgestellt, wie sie als Flüssigkeitsansammlungen im Körper eines Patienten auftreten. Beispiele für derartige Flüssigkeitstypen sind Wasser, Blut, Blut mit Gerinnungsmitteln (Citrat/EDTA), Eiter, Eiter mit starker Blutbeimengung, Drainage-Flüssigkeit einer Darm-OP, Urin, Galle oder Wundwasser. Jeder dieser Flüssigkeitstypen wird in einer hinreichend großen Anzahl (> 5) von Proben bereitgestellt.

[0036] Im nächsten Schritt **3** werden diese Proben dann in einem nur angedeuteten Röntgen-Computertomographen **2** untersucht, wobei jeweils Röntgenaufnahmen unter Anwendung eines ersten Röntgenspektrums S_1 als auch – gleichzeitig oder nacheinander – unter Anwendung eines zweiten Röntgenspektrums S_2 durchgeführt werden. Durch eine Bildrekonstruktion (dritter Schritt **4**) basierend auf den so erhaltenen Rohdaten wird zu jedem der Röntgenspektren S_1 , S_2 eine Schwächungswertverteilung erzeugt, bspw. als Verteilung $\mu_1(x, y)$ bzw. $\mu_2(x, y)$ des Schwächungskoeffizienten μ innerhalb eines Transversalschichtbildes mit Koordinaten x und y . In einem vierten Schritt **5** findet computerunterstützt eine Transformation der Verteilungen $\mu_1(x, y)$ bzw. $\mu_2(x, y)$ des Schwächungskoeffizienten auf eine Ordnungszahlverteilung $Z(x, y)$ sowie eine Dichteverteilung $p(x, y)$ statt. Dies wird für sämtliche zur Verfügung gestellte Proben durchgeführt.

[0037] Aufgrund der Schwankungen in der Zusammensetzung der mehreren Proben eines Flüssigkeitstyps werden auf diese Weise unterschiedliche Dichte- und Ordnungszahlwerte für den jeweiligen Flüssigkeitstyp erhalten. Anschließend wird in Schritt **6** zu jedem dieser Flüssigkeitstypen auf Basis der erhaltenen Dichte und Ordnungszahlwerte ein Schwankungsbereich festgelegt, innerhalb dessen die unterschiedlichen Kombinationen von Dichte und Ordnungszahl des jeweiligen Flüssigkeitstyps liegen. Die entsprechend festgelegten Schwankungsbereiche werden anschließend als Vergleichsdaten bereitge-

stellt (Schritt **7**), insbesondere auf einer Speichereinheit gespeichert. Die Vergleichsdaten enthalten hierbei die festgelegten Schwankungsbereiche sowie den jeweils zugeordneten Flüssigkeitstyp.

[0038] Fig. 2 zeigt ein Beispiel für die auf diese Weise ermittelten Kombinationen von Dichte und Ordnungszahl für unterschiedliche Flüssigkeitstypen sowie die darauf basierend festgelegten Schwankungsbereiche anhand eines Z - ρ -Diagramms. Die Figur zeigt hierbei die zum Teil schwankende Verteilung der Ordnungszahlen und Dichtewerte von Wasser, Blut, Blut mit Citrat, Blut mit EDTA, Eiter, blutigem Eiter, Drainageflüssigkeit, Urin, Galle und Serum. Auf Basis dieser Daten wird eine Clusterung vorgenommen, d. h. es werden Schwankungsbereiche festgelegt, in denen jeweiligen Dichte- und Ordnungszahlwerte der zugehörigen Flüssigkeit liegen bzw. schwanken. Die festgelegten Bereiche sind in der Fig. 2 mit den jeweils durchgezogenen Linien erkennbar. Die Messgenauigkeit bezüglich ρ und Z reicht bei diesen in-vitro bestimmten Werten aus, um die Clusterung und damit Unterscheidung der betroffenen Flüssigkeiten vornehmen zu können.

[0039] Diese Bereitstellung der Vergleichsdaten für die Durchführung des vorliegenden Verfahrens ist lediglich einmalig durchzuführen. Die entsprechend gespeicherten Vergleichsdaten können dann für eine Vielzahl von Untersuchungen eingesetzt werden.

[0040] Fig. 3 zeigt schematisch ein Ablaufdiagramm gemäß einem Ausführungsbeispiel des vorliegenden Verfahrens. Der Patient wird in dem hier ebenfalls nur angedeuteten Röntgen-Computertomographen **2** in Schritt **8** untersucht, wobei auch hier, wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert, Röntgenaufnahmen mit den beiden unterschiedlichen Röntgenspektren S_1 und S_2 durchgeführt werden. Diese beiden Röntgenspektren müssen identisch den Röntgenspektren sein, mit denen die Vergleichsdaten aufgezeichnet wurden. Der Röntgen-Computertomograph **2** muss daher mit den identischen Betriebsparametern betrieben werden.

[0041] Auch hier wird über eine Bildrekonstruktion (zweiter Schritt **9**) basierend auf den erhaltenen Rohdaten zu jedem der Röntgenspektren S_1 und S_2 eine Schwächungswertverteilung $\mu_1(x, y)$ bzw. $\mu_2(x, y)$ des Schwächungskoeffizienten μ innerhalb eines Transversalschichtbildes mit den Koordinaten x und y erzeugt. Die Röntgenaufnahmen des Patienten können dabei selbstverständlich sowohl einen größeren Bereich umfassen, in dem die Flüssigkeitsansammlung liegt, als auch nur einen enger um die Flüssigkeitsansammlung liegenden Objektbereich.

[0042] Im Schritt **10** findet wiederum computerunterstützt eine Transformation der Verteilungen $\mu_1(x, y)$ bzw. $\mu_2(x, y)$ des Schwächungskoeffizienten auf eine

Ordnungszahlverteilung $Z(x, y)$ und eine Dichteverteilung $\rho(x, y)$ statt. Anschließend wird in Schritt 11 die im vorliegenden Beispiel zweidimensionale Fläche, die der Flüssigkeitsansammlung entspricht bzw. das zugehörige zweidimensionale Datenfeld identifiziert und in den Dichte- und Ordnungszahlwerten segmentiert. Dies kann bspw. anhand einer bildlichen Darstellung der Daten erfolgen, in der der entsprechende Bereich von einem Anwender markiert wird. Auch eine Segmentierung aufgrund einer Vorgabe von Dichte- und Ordnungszahlwerten ist möglich, die nach Eingabe dieser Werte automatisch rechnergestützt durchgeführt werden kann. Im Falle eines dreidimensionalen Datenfeldes wird entsprechend das der Flüssigkeitsansammlung entsprechende 3D-Volumen bzw. die zugehörigen Dichte- und Ordnungszahlwerte segmentiert.

[0043] Im Schritt 12 erfolgt dann eine Mittelung über die Dichtewerte und die Ordnungszahlwerte in dem so segmentierten bzw. definierten Volumen bzw. der entsprechenden Fläche. Auf diese Weise wird eine mittlere Dichte sowie eine mittlere Ordnungszahl der Flüssigkeitsansammlung erhalten.

[0044] Diese mittlere Dichte und mittlere Ordnungszahl wird im Schritt 13 mit den durch Schritt 7 bereitgestellten Vergleichsdaten verglichen. Bei diesem Vergleich wird ermittelt, in welchen der in den Vergleichsdaten festgelegten Schwankungsbereiche die Kombination aus mittlerer Ordnungszahl und mittlerer Dichte fällt, so dass der zugehörige Flüssigkeitstyp erhalten wird (Schritt 14). Bei der zugehörigen beispielhaften Vorrichtung gemäß Fig. 7 wird der auf diese Weise ermittelte Flüssigkeitstyp an einem Monitor ausgegeben.

[0045] Selbstverständlich lässt sich das vorliegende Verfahren nicht nur mit Röntgen-Computertomographen, sondern auch mit anderen Röntgengeräten, bspw. C-Arm-Geräten oder einfachen Röntgendurchleuchtungsgeräten mit digitaler Bildverarbeitung, durchführen.

[0046] Die computergestützte Transformation der Schwächungswertverteilungen auf eine Ordnungszahlverteilung sowie eine Dichteverteilung gemäß den Schritten 5 bzw. 10 der Fig. 1 und Fig. 3 kann bspw. mit dem Verfahren der DE 101 43 131 A1 durchgeführt werden, auf die ausdrücklich bezug genommen wird. Anhand der folgenden Fig. 4-Fig. 6 wird diese Technik nochmals genauer erläutert. Die Isoabsorptionslinie 15 der Fig. 4 verbindet alle Wertepaare (ρ, Z) mit bei einem definierten Röntgenspektrum identischen Schwächungswert μ bzw. C . Dieser identische Schwächungswert für unterschiedliche Materialien ist auf unterschiedlich wirkende Schwächungsmechanismen zurückzuführen, die vom Material selbst, der Materialdichte und der Energie der Röntgenstrahlung abhängen. Auf diese Wei-

se können sich die aus der Fig. 4 ersichtlichen unterschiedlichen Kombinationen von Dichte und Ordnungszahl ergeben, die jeweils zum gleichen Schwächungswert bei einer Röntgenaufnahme führen.

[0047] Die im Kontext dieser Beschreibung vereinfacht als Ordnungszahl titulierte effektive Ordnungszahl Z einer bestimmten Gewebeart bzw. eines bestimmten Materials errechnet sich aus den Ordnungszahlen Z_i der am Aufbau beteiligten Elemente, deren Atomgewichte A_i und deren lokalen materialäquivalenten Dichten ρ_i bspw. zu

$$Z = \left\{ \frac{\sum_i \frac{\rho_i}{A_i} \rho_i Z_i^4}{\sum_i \frac{\rho_i}{A_i} \rho_i} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

[0048] Voraussetzung für eine Berechnung der Ordnungszahl- und Dichteverteilung in einem Objektbereich sind zumindest zwei, in der Aufnahmegeometrie identische, aber mit unterschiedlicher Energie der angewandten Röntgenstrahlung erstellte Röntgenaufnahmen des Bereichs. Bei Verwendung von mehr als zwei mit unterschiedlicher Röntgenstrahlenergie aufgezeichneten Röntgenaufnahmen können die Z - und ρ -Auflösung verbessert werden, doch erhöht sich dadurch auch die Strahlenbelastung. Im Falle der Untersuchung eines Patienten ist diese Möglichkeit daher nicht immer gegeben.

[0049] Ausgangspunkt der Umwandlung von Schwächungswert-basierenden Bilddaten in Verteilungsbilder der Ordnungszahlen und der Material- bzw. Gewebedichte ist die Kenntnis der Isoabsorptionslinien für jedes Röntgenspektrum einer Röntgenapparatur. Wie bereits erwähnt, ist hierbei unter Röntgenspektrum nicht der eng gefasste Begriff der Spektralverteilung einer von der Röntgenquelle der Apparatur emittierten Röntgenstrahlung zu verstehen, sondern ein erweiterter Begriff, der die unterschiedliche Gewichtung unterschiedlicher Spektralbereiche des Emissionsspektrums der Röntgenröhre auf Seiten der Röntgendetektoren berücksichtigt. Ein gemessener Schwächungswert ergibt sich daher aus der direkten Schwächung des von der Röntgenröhre emittierten Strahlenspektrums und dem spektralen Wirkungsgrad der verwendeten Röntgendetektoren. Beide Werte sind anlagenspezifische Größen und müssen entweder direkt oder indirekt mittels der Schwächungswerte von Eichproben ermittelt werden. Sie sind die Grundlage zur Berechnung der Isoabsorptionslinien.

[0050] In Fig. 5a sind drei Verfahren 300 zur Modellierung bzw. zur Berechnung einer Schar von Isoabsorptionslinien skizziert. Nämlich eine theoretische Modellierung, eine experimentelle Bestimmung und eine theoretische Modellierung mit einer Kalibrierung

der Kurven durch experimentell bestimmte Parameter.

[0051] Prinzipiell sind so viele Isoabsorptionslinien zu bestimmen, wie Schwächungswerte zum Abdecken der Spanne von Röntgenschwächungen in den Röntgenaufnahmen erforderlich sind. Dabei ist nicht für jeden theoretisch auftretenden Schwächungswert eine Isoabsorptionslinie zu berechnen; nicht errechnete Isoabsorptionslinien können bei Bedarf durch Interpolation oder andere geeignete Mittelungsverfahren verfügbar gemacht werden.

[0052] Die Grundschriffe der theoretischen Modellierung sind im linken Ast des Ablaufschemas der [Fig. 5a](#) dargestellt. Im Schritt S302 werden zunächst die Daten der für eine Anlage spezifischen Röntgenemissionsspektren $S(E)$ mit den verfügbaren Röhrenspannungen als Parameter eingelesen. Die Spektralverteilungen der Röntgenstrahlung können hierzu im Vorfeld experimentell für jede einzelne Röntgenanlage ausgemessen werden, oder es werden die für einen speziellen Röntgenquellentyp charakteristischen Daten verwendet. Das Ermitteln der Detektorapparatefunktion $w(E)$ erfolgt in Schritt S303. Auch hierzu kann im Vorfeld eine genaue Vermessung der Detektoranordnung vorgenommen werden oder aber es werden den Detektortyp charakterisierende Daten wie z. B. dessen spektrale technische Spezifikation verwendet. Die Berechnung der Isoabsorptionslinien in Form von Kurvenscharen $C_i(\rho, Z)$ bzw. $\mu_i(\rho, Z)$ wird auf der Basis eines physikalischen Modells in Schritt S304 vorgenommen, das für jede relevante Kombination von $S(E)$ und $w(E)$ die Röntgenschwächungen C_i bzw. μ_i für Materialien mit unterschiedlichen Ordnungszahlen und bei unterschiedlichen Materialdichten nachbildet.

[0053] Alternativ zur theoretischen Modellierung der Schritte S302 bis S304 können die Kurvenscharen der Isoabsorptionslinien auch experimentell ermittelt werden. Hierzu werden in Schritt S305 die Röntgenschwächungen von Eichmaterialien mit unterschiedlicher Dichte und mittlerer Ordnungszahl in der Röntgenapparatur bei verschiedenen relevanten Kombinationen von $S(E)$ und $w(E)$ gemessen. Die Messwerte bilden die Stützpunkte für die folgende Berechnung der Kurvenscharen von Isoabsorptionslinien C_i bzw. μ_i in Schritt S306.

[0054] Als weitere Alternative können die auf theoretischer Basis modellierten Kurvenscharen C_i bzw. μ_i mit experimentell ermittelten Röntgenschwächungswerten kalibriert werden. In Schritt S307 werden die zum Eichmaterialien der theoretischen Kurvenscharen notwendigen Schwächungswerte wie oben für Schritt **5305** beschrieben mit geeigneten Eichmaterialien bzw. Phantomen in der Röntgenanlage gemessen. Im Unterschied zur rein theoretischen Modellierung der Schritte S302 bis S304 ist bei diesem Verfahren

die exakte Kenntnis der Röntgenemissionsspektren $S(E)$ und $w(E)$ nicht Voraussetzung sondern Parameter der theoretischen Modellierung der Kurvenscharen von Isoabsorptionslinien C_i bzw. μ_i in Schritt S308. Das Kalibrieren der Kurven in Schritt S309 mit den in Schritt S307 experimentell ermittelten Eichwerten definiert schließlich Werte für diese Parameter, die spezifisch für die Röntgenemissionsspektren und Detektorapparatefunktionen der Röntgenapparatur sind.

[0055] Mit der Ermittlung der Isoabsorptionslinien für die erforderlichen Röntgenschwächungswerte und Kombinationen von $S(E)$ und $w(E)$ sind die Voraussetzungen für eine Transformation von Bilddaten, die Schwächungswerte der Röntgenstrahlung beim Durchgang durch ein Gewebe repräsentieren, in Bilddaten, die eine Verteilung der Ordnungszahl bzw. der Materialdichte im entsprechenden Gewebe repräsentieren, geschaffen.

[0056] Je nach Aufgabenstellung können die drei Verfahren zur Isoabsorptionslinienbestimmung auch gemischt verwendet werden. Beispielsweise können Werte, die experimentell nur ungenau oder nur mit großem Aufwand oder gar nicht zu ermitteln sind, mit Hilfe einer theoretischen Modellierung ergänzt oder in ihrer Genauigkeit präzisiert werden. Die mit unterschiedlichen Methoden erschlossenen Daten werden dann in Schritt S310 zu einem einheitlichen Datensatz zusammengefasst und in Schritt S311 für die Bildtransformationen bereitgehalten.

[0057] In [Fig. 5b](#) ist ein für das erfindungsgemäße Verfahren geeignetes Transformationsverfahren **320** dargestellt. Es stützt sich auf die nach einem der zuvor beschriebenen Verfahren **300** ermittelten und als Datensatz in Schritt S321 bereitgehaltenen Kurvenscharen von Isoabsorptionslinien.

[0058] Eine Transformation erfolgt bildelementweise. Im Folgenden wird von einer Transformation einer Röntgenschwächungswertverteilung basierend auf zwei bei unterschiedlichen Röntgenenergiespektren aber identischer Aufnahmegeometrie aufgenommenen Röntgenbildern ausgegangen. Dies ist die minimale Voraussetzung für eine Durchführung einer derartigen Transformation. Jedoch können auch mehr als zwei Röntgenaufnahmen bei mehr als zwei unterschiedlichen Energieverteilungen der Röntgenstrahlung Verwendung finden.

[0059] Die Auswahl eines zu transformierenden Bildelements wird im Schritt S322 getroffen und im folgenden Schritt S323 werden die Schwächungswerte C_1 bzw. μ_1 für dieses Bildelement aus dem ersten und C_2 bzw. μ_2 aus dem zweiten Röntgenbild gelesen. Im anschließenden Schritt S324 erfolgt die Abfrage des für die erste Röntgenaufnahme verwendeten Röntgenstrahlspektrums $S_1(E)$ und der Detektorapparate-

funktionen $w_1(E)$ sowie der entsprechenden Werte $S_2(E)$ und $w_2(E)$ für das zweite Röntgenbild. Diese Werte bilden die Parameter für eine nachfolgende Auswahl der den jeweiligen Schwächungswerten zuzuordnenden Isoabsorptionslinien. Die Spektralverteilungen $S_i(E)$ bzw. $w_i(E)$ können hierbei auch indirekt, z. B. über eine Abfrage der verwendeten Röhrenspannungen U_1 bzw. U_2 bzw. der Betriebsparameter der Röntgendetektoren ermittelt werden.

[0060] Im Schritt S325 werden aus dem in Schritt S321 bereitgehaltenen Datensatz von Isoabsorptionslinien eine erste Kurve, welche die Bedingungen C_1 bzw. μ_1 bei den Parametern $S_1(E)$ und $w_1(E)$ erfüllt, und eine zweite Kurve, welche die Bedingungen C_2 bzw. μ_2 bei den Parametern $S_2(E)$ und $w_2(E)$ erfüllt ausgewählt. Ein Beispiel einer dergestalt erhaltenen ersten Isoabsorptionslinie **15** und einer zweiten **16** Isoabsorptionslinie ist in **Fig. 6** dargestellt.

[0061] Der Schnittpunkt **17** als Schnittmenge beider Kurven **15** und **16** wird im Schritt S326 berechnet. Der Kurvenschnitt **17** lässt sich z. B. durch eine lokale lineare Transformation oder mittels iterativer Schnittpunktfindung ermitteln. Da die beiden Kurven **15** und **16** zwei unterschiedliche Schwächungswerte für das selbe Bildelement und daher für einen identischen Teilbereich eines untersuchten Gewebes repräsentieren, müssen beide Schwächungswerte von der selben Material- bzw. Gewebeart verursacht sein. Die Koordinaten (ρ , Z) des Kurvenschnittpunktes **17** geben daher die Materialdichte und die Ordnungszahl des dem Bildelement zuzuordnenden Gewebeteilbereiches wieder.

[0062] Schließlich wird in Schritt S327 der so ermittelte Ordnungszahlwert Z in die Ordnungszahlverteilung als entsprechender Bildelementwert geschrieben, in Schritt S328 analog der ermittelte Materialdichtewert ρ in die Dichteverteilung. Die Schritte S322 bis S328 werden für alle verbleibenden Bildpunkte wiederholt, bis optional eine abschließende Bildausgabe in Schritt S329 erfolgen kann. Dabei kann der Schritt S324 übersprungen werden, da die Spektralverteilungen $S_i(E)$ bzw. $w_i(E)$ für alle Bildelemente eines Bildes identisch sind.

[0063] **Fig. 7** zeigt schließlich stark schematisiert den grundsätzlichen Aufbau der vorliegenden Vorrichtung anhand eines Ausführungsbeispiels. In dieser Figur ist ein Röntgen-CT-Gerät **2** mit rotierendem Detektorsystem **18** zu erkennen. Die von der Röntgenröhre **19** fächerförmige emittierten Röntgenstrahlen **20** durchleuchten das Untersuchungsobjekt **21** aus einer bestimmten Winkelstellung und treffen schließlich auf eine zeilenförmige Anordnung diskreter Detektoren. Ein Aufnahmezyklus umfasst eine Vielzahl solcher Durchleuchtungen in unterschiedlichen Winkelstellungen zum Untersuchungsgegenstand. Die von den Röntgendetektoren **18** gelieferten

elektrischen Signale werden von einer Auswerteeinheit **22** in Röntgenschwächungsdaten umgewandelt. Im vorliegenden Beispiel umfasst diese Auswerteeinheit **22** ein Modul **23** zur Flüssigkeitsbestimmung, das aus den Röntgenschwächungsdaten einer oder mehrerer Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt **21** umfassenden Objektbereiches, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren erfasst wurden, Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und jeweils darüber mitteilt, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten. Die Mittelwerte werden von diesem Modul **23** anschließend mit Vergleichsdaten verglichen, die aus einer Speichereinheit **24** abgerufen werden. Hierbei wird der in den Vergleichsdaten festgelegte Schwankungsbereich bestimmt, in den die beiden Mittelwerte fallen und ein Hinweis auf den Flüssigkeitstyp auf einem Monitor **25** ausgegeben, der dem auf diese Weise bestimmten Schwankungsbereich zugeordnet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt, bei dem
 - Röntgenschwächungsdaten aus einer oder mehreren Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt umfassenden Objektbereiches bereitgestellt werden, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren oder Detektorgewichtungen erfasst wurden;
 - aus den Röntgenschwächungsdaten Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und gemittelt werden, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten;
 - Vergleichsdaten bereitgestellt werden, die Schwankungsbereiche von Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte unterschiedlicher Flüssigkeitstypen angeben;
 - der Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung mit den Vergleichsdaten verglichen wird, um den Schwankungsbereich zu ermitteln, in den die beiden Mittelwerte fallen; und
 - der Flüssigkeitstyp bestimmt wird, der dem ermittelten Schwankungsbereich zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichsdaten durch Vorabvermessung von jeweils mehreren Proben der unterschiedlichen Flüssigkeitstypen erhalten werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung aus den Röntgenschwächungsdaten zunächst Daten bestimmt werden, die eine räumliche

Verteilung der effektiven Ordnungszahl und der Dichte im Objektbereich repräsentieren, die Flüssigkeitsansammlung in diesen Daten identifiziert und segmentiert wird, und anschließend über die segmentierten Daten gemittelt wird, um den Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Bereitstellung der Röntgenschwächungsdaten die Durchführung der ein oder mehreren Röntgenaufnahmen umfasst.

5. Vorrichtung zur Bestimmung des Flüssigkeitstyps einer Flüssigkeitsansammlung in einem Objekt mit einer Röntgenquelle (19) zur Emission von Röntgenstrahlung (20) und mehreren der Röntgenquelle (19) gegenüber liegenden Röntgendetektoren (18) zum Erfassen von Röntgenschwächungsdaten eines zwischen der Röntgenquelle (19) und den Röntgendetektoren (18) angeordneten Objekts (21) und mit einer Auswerteeinheit (22) zur Umwandlung von elektrischen Signalen der Röntgendetektoren (18) in Röntgenschwächungsdaten, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (22) ein Modul (23) zur Flüssigkeitsbestimmung umfasst, das aus Röntgenschwächungsdaten einer oder mehrerer Röntgenaufnahmen eines die Flüssigkeitsansammlung im Objekt (21) umfassenden Objektbereiches, die mit zumindest zwei unterschiedlichen Röntgenspektren oder Detektorgewichtungen erfasst wurden, Werte der effektiven Ordnungszahl und der Dichte für die Flüssigkeitsansammlung bestimmt und darüber mittelt, um einen Mittelwert der effektiven Ordnungszahl und der Dichte der Flüssigkeitsansammlung zu erhalten, die Mittelwerte mit Vergleichsdaten einer Speichereinheit (24) vergleicht, die Schwankungsbereiche von Kombinationen der effektiven Ordnungszahl und der Dichte unterschiedlicher Flüssigkeitstypen angeben, um den Schwankungsbereich zu bestimmen, in den die beiden Mittelwerte fallen, und einen Hinweis auf den Flüssigkeitstyp ausgibt, der dem bestimmten Schwankungsbereich zugeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenquelle (19) zumindest zwei Betriebszustände aufweist, von denen sie in einem ersten Betriebszustand eines der beiden Röntgenspektren und in einem zweiten Betriebszustand das andere der beiden Röntgenspektren emittiert.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgendetektoren (18) derart ausgebildet sind, dass sie spektrale Teilbereiche der von der Röntgenquelle (19) empfangenen Röntgenstrahlung in voneinander unabhängige elektrische Signale umsetzt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG 1

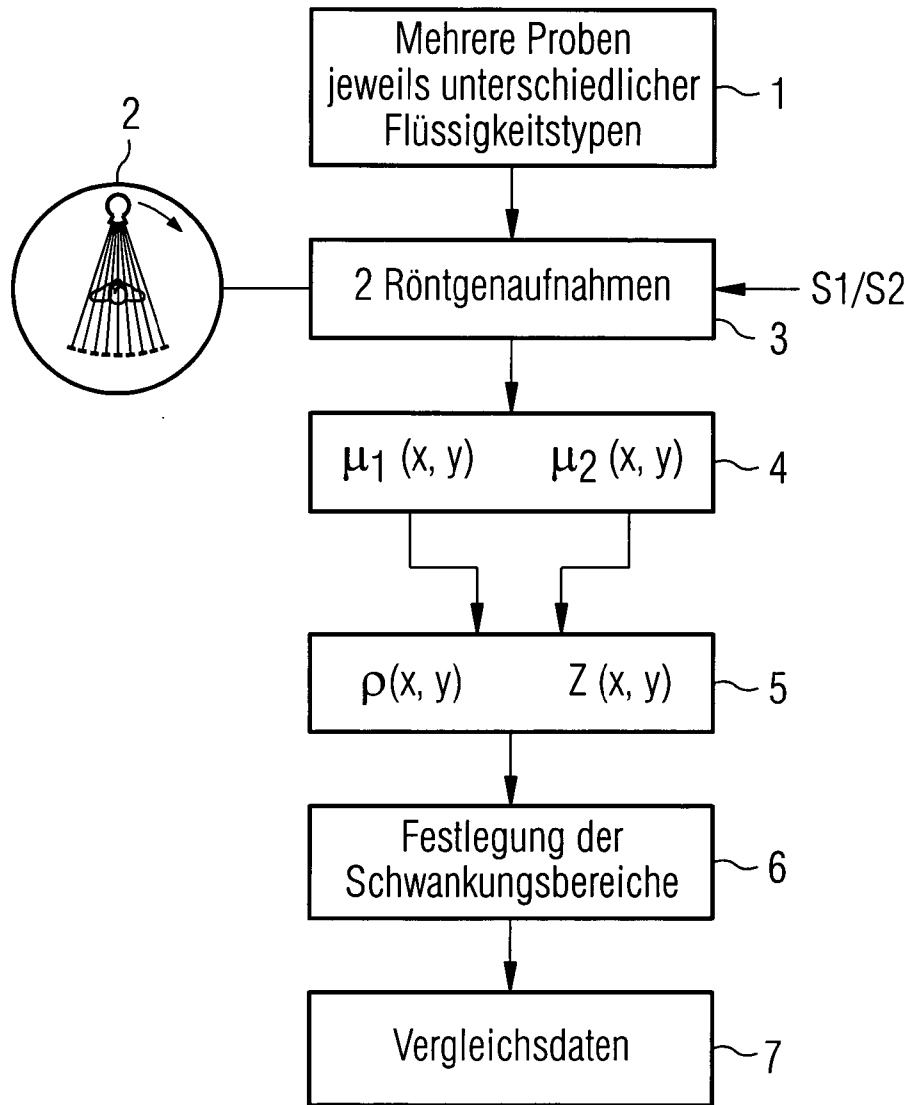
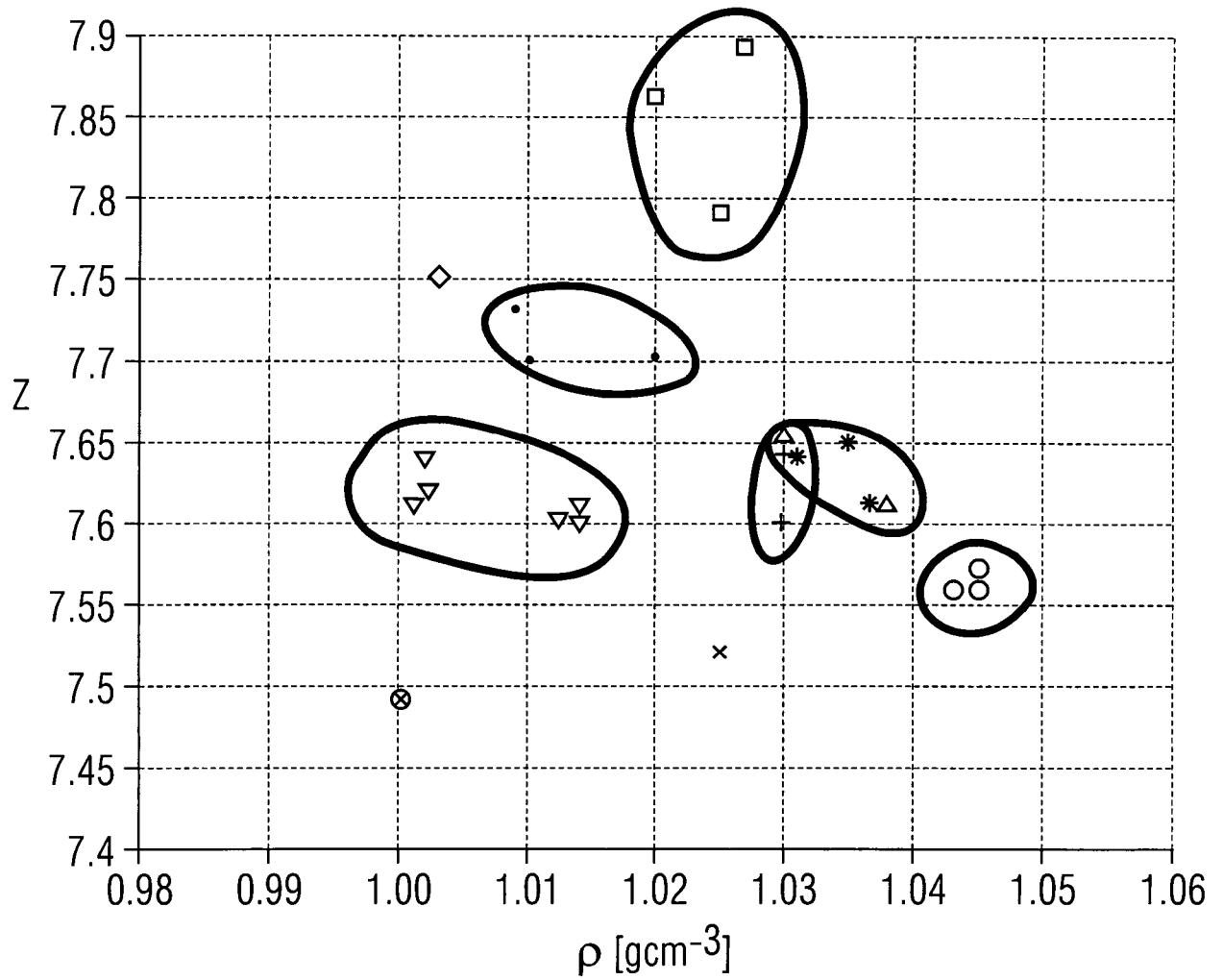


FIG 2



- | | | | | |
|----------|---------------|-----------------|----------------|---------|
| ⊗ Wasser | * Blut/Citrat | • Eiter | ◇ DrainageFlsg | ▽ Galle |
| ○ Blut | △ Blut/EDTA | + Eiter, blutig | □ Urin | × Serom |

FIG 3

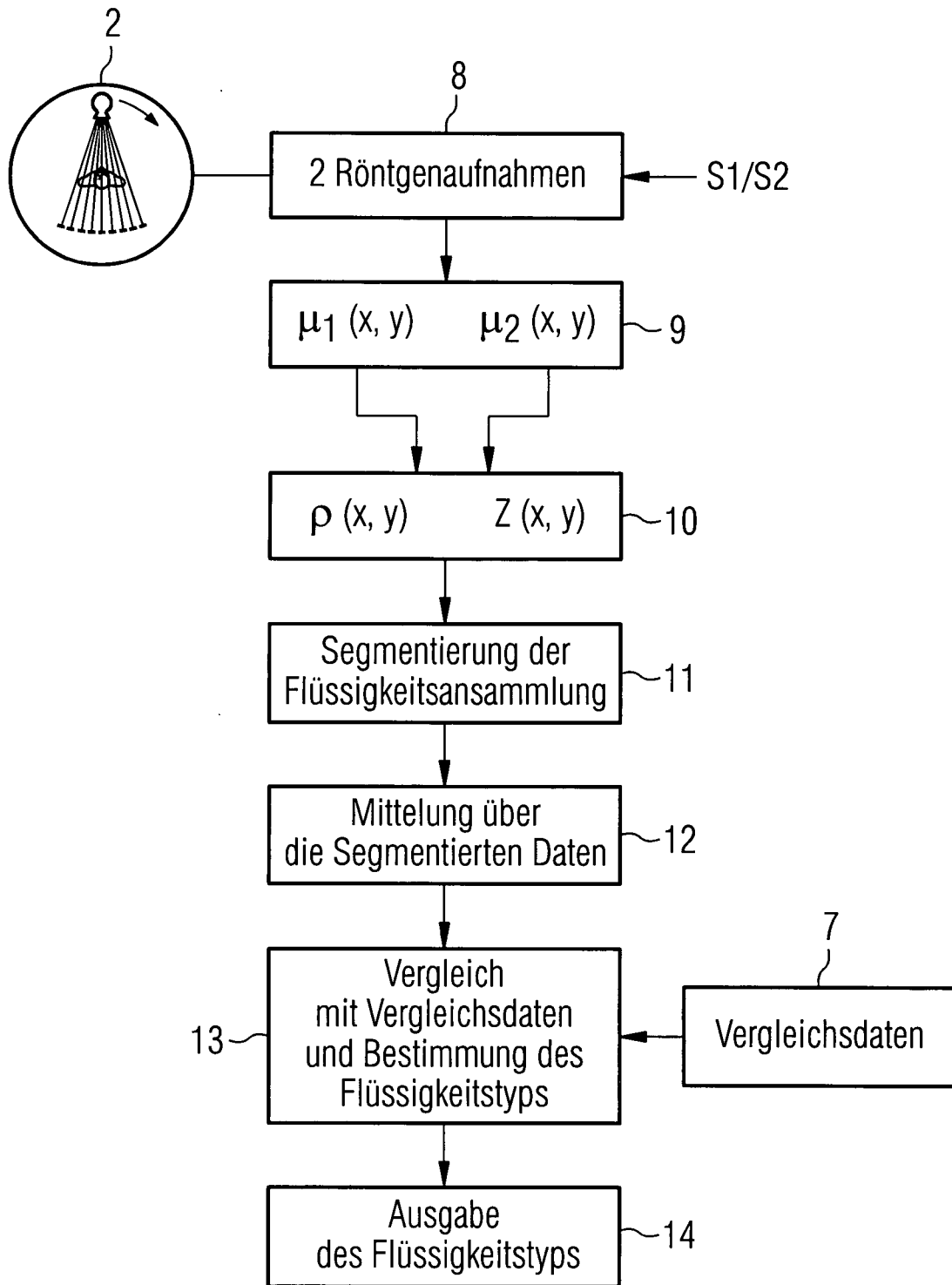


FIG 4

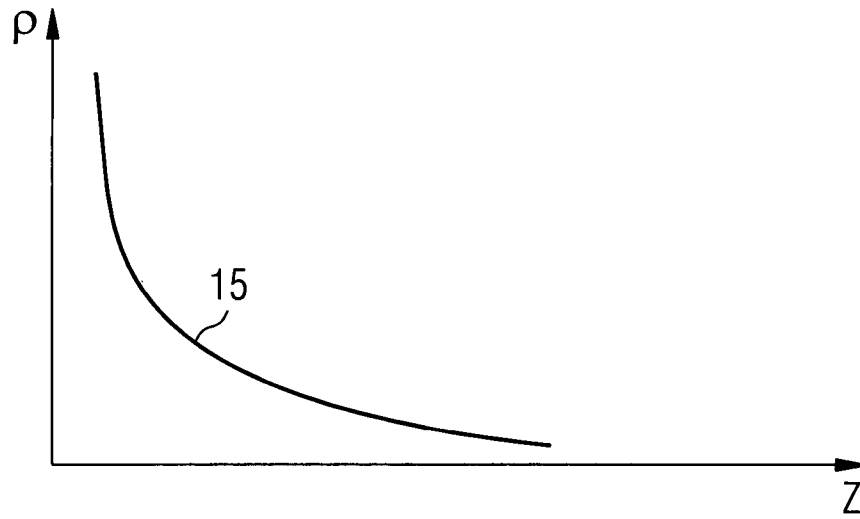


FIG 6

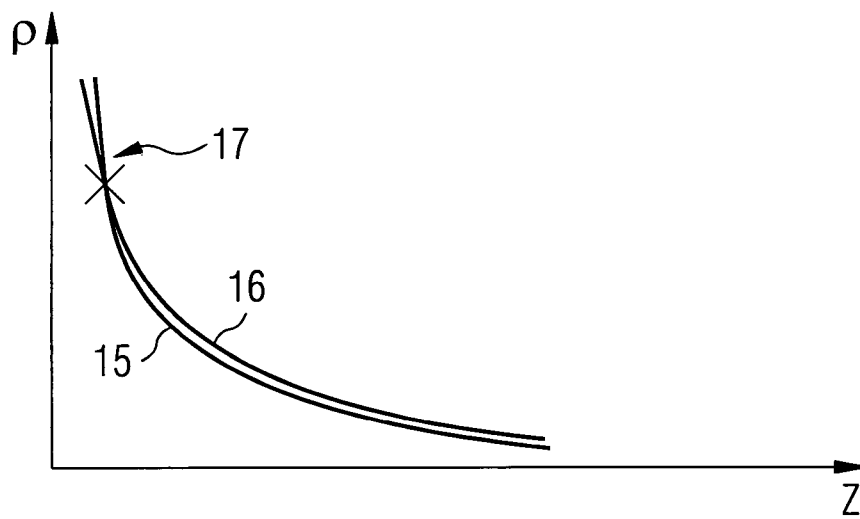


FIG 5A

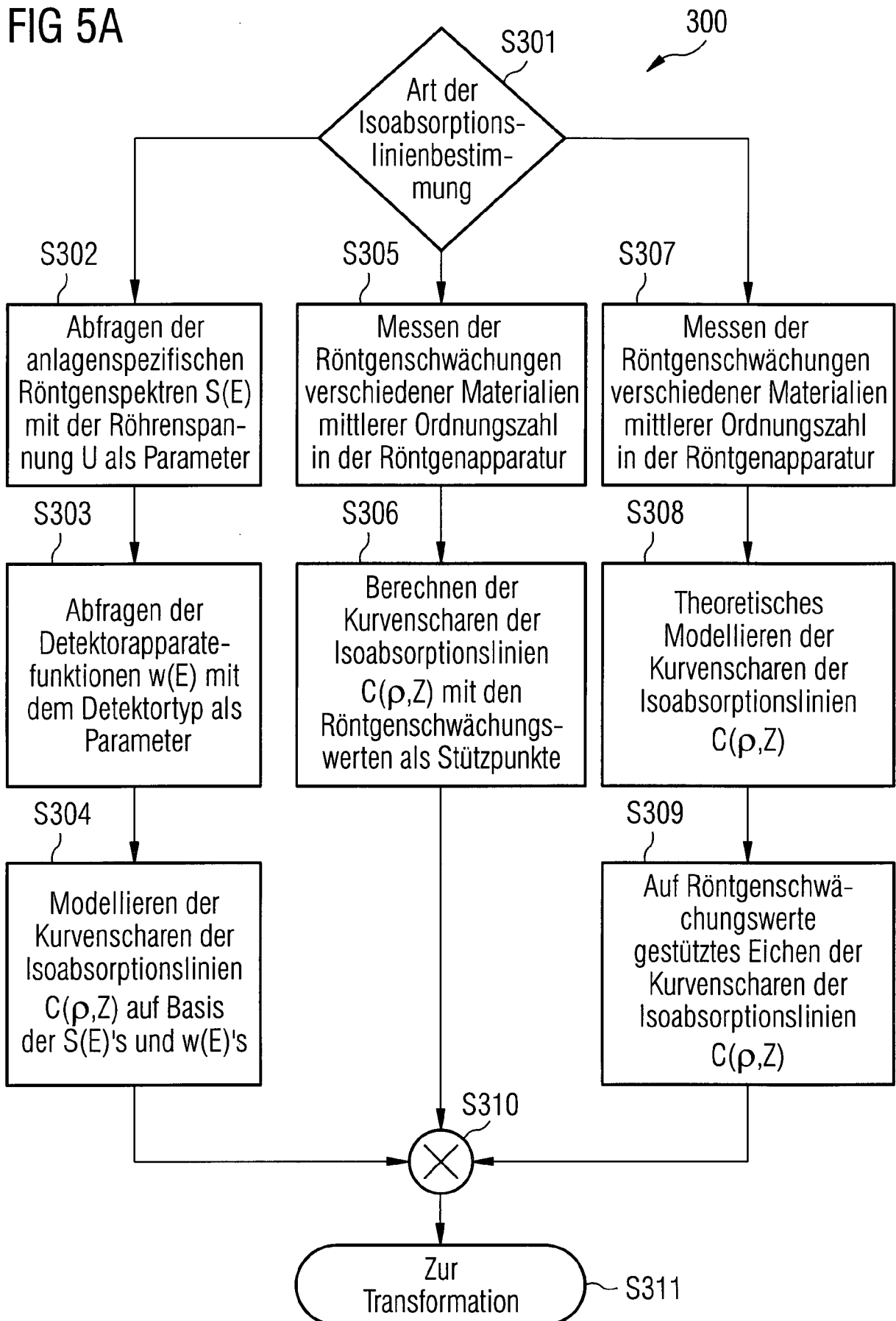


FIG 5B

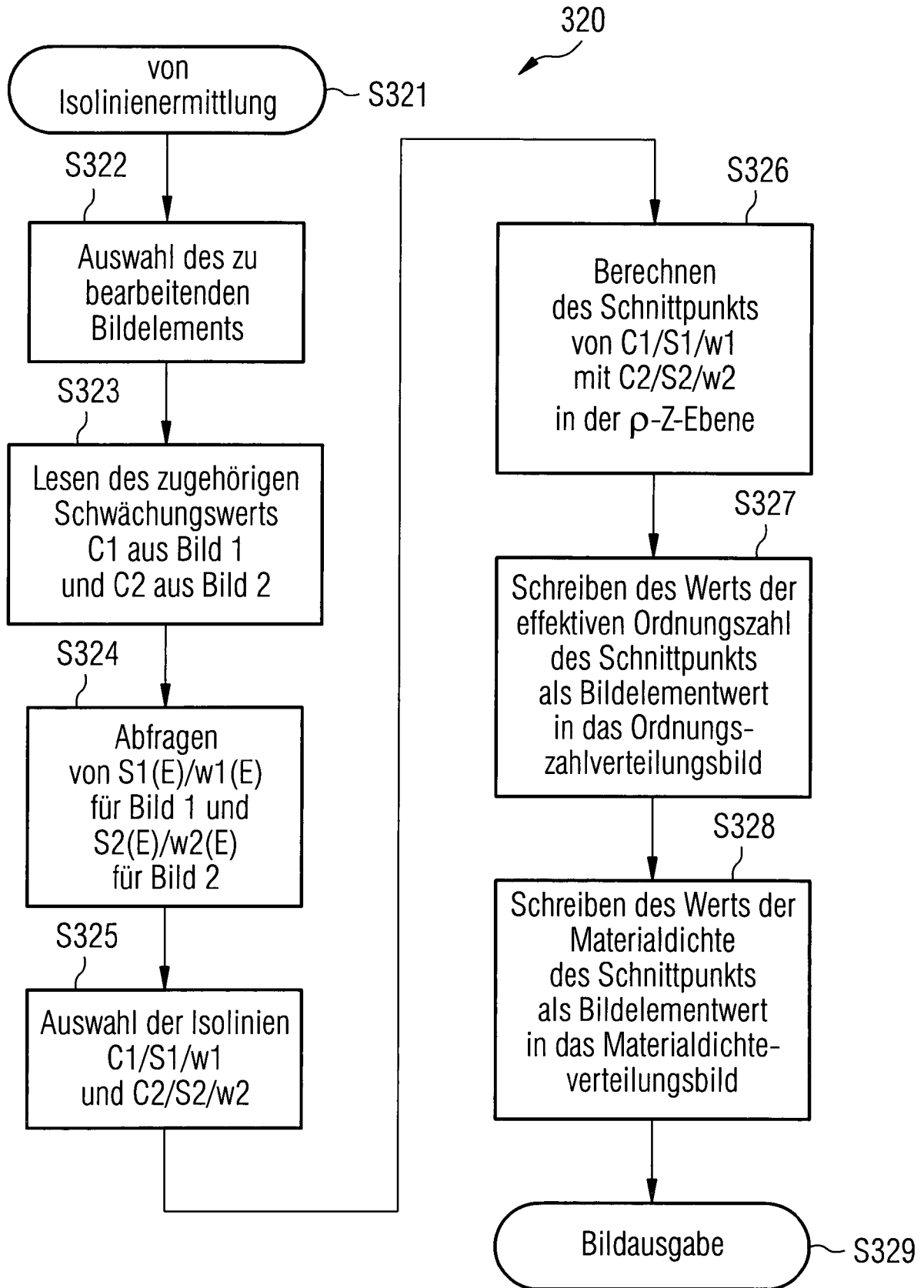


FIG 7

