(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2020 005 740 A1** 2021.03.25

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 005 740.3**
(22) Anmeldetag: **18.09.2020**
(43) Offenlegungstag: **25.03.2021**

(51) Int Cl.: ***A61B 6/03*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-172253 20.09.2019 JP

(71) Anmelder:
Mitutoyo Corporation, Kawasaki, Kanagawa, JP

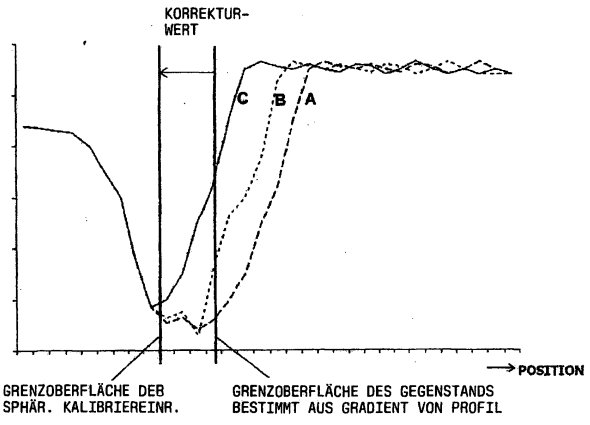
(74) Vertreter:
Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB, 80639 München, DE

(72) Erfinder:
Asano, Hidemitsu, Kawasaki, Kanagawa, JP; Kon, Masato, Kawasaki, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **KALIBRIERVERFAHREN UND APPARAT FÜR EINEN RÖNTGEN-CT-MESSAPPARAT, MESSVERFAHREN UND APPARAT UNTER VERWENDUNG DESSELBEN, UND RÖNTGEN-CT-MESSAPPARAT**

(57) Zusammenfassung: Volumendaten werden durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung 30, welche bekannte Abmessungen aufweist, in Kontakt mit einem Gegenstand W erzeugt. Ein Profil der Oberflächenform des Gegenstands W in den Volumendaten wird erhalten, und eine Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung 30 wird aus den Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung 30 berechnet. Ein Korrekturwert für ein Einstellen einer Grenzoberfläche des Gegenstands W, welche aus dem Gradienten des Profils bestimmt wird, an die Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung 30 wird bestimmt, und die Grenzoberfläche des Gegenstands W wird durch ein Verwenden des Korrekturwerts korrigiert. Die Form des Gegenstands W wird durch ein Verwenden der korrigierten Grenzoberfläche bestimmt. Die Genauigkeit der Röntgen-CT-Messung kann derart erhöht werden, indem genau die Grenzoberfläche des Gegenstands detektiert wird.



Beschreibung

Bezugnahme auf zugehörige Anmeldung

[0001] Die Offenbarung der Japanischen Patentanmeldung Nr. 2019-172253, eingereicht am 20. September 2019, welche Beschreibungen, Zeichnungen und Ansprüche enthält, wird hierin durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit aufgenommen.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Kalibrierverfahren und auf einen Apparat für einen Röntgen-CT-Messapparat, auf ein Messverfahren und auf einen Apparat bzw. ein Gerät unter Verwendung desselben, und auf einen Röntgen-CT-Messapparat. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Kalibrierverfahren und auf einen Apparat für einen Röntgen-CT-Messapparat, auf ein Messverfahren und auf einen Apparat, welcher dasselbe verwendet, und auf einen Röntgen-CT-Messapparat, welche eine hohe Genauigkeit durch ein genaues Detektieren einer Grenzoberfläche eines Objekts bzw. Gegenstands erzielen können.

Stand der Technik

[0003] Medizinische Röntgen-CT-Apparate bzw. -Geräte wurden in eine praktische Verwendung in den 1970ern gebracht. Auf der Basis der Technik erschienen Röntgen-CT-Apparate, welche für Industrieprodukte gedacht waren, in den frühen 1980ern. Seit damals wurden industrielle Röntgen-CT-Apparate verwendet, um Hohlräume in Gussteilen, Schweißdefekte in geschweißten Teilen und Defekte in Schaltungsmustern von elektronischen Schaltungs- bzw. Schaltkreisteilen zu beobachten und zu inspizieren, welche schwierig aus einem äußeren Aussehen zu identifizieren sind. Zwischenzeitlich erhöht die weite Verbreitung von 3D Druckern in jüngsten Jahren eine Nachfrage nicht nur nach einer Beobachtung und Inspektion des Inneren von Werkstücken, welche durch 3D Drucker erzeugt werden, sondern auch nach einer 3D Dimensionsmessung von internen Strukturen und einer höheren Präzision davon.

[0004] Im Hinblick auf den oben genannten technischen Trend werden Röntgen-CT-Messapparate insbesondere in Deutschland weiter verbreitet (siehe Japanische Patentanmeldungen Veröffentlichung Nr. 2002-71345 und 2004-12407). In derartigen Röntgen-CT-Messapparaten wird ein zu messender Gegenstand in dem Zentrum eines rotierenden Tisches angeordnet, und es wird eine Bestrahlung mit Röntgenstrahlen durchgeführt, während der zu messende Gegenstand gedreht wird.

[0005] Fig. 1 zeigt eine Konfiguration eines typischen Röntgen-CT-Apparats **1**, welcher für eine Messung verwendet wird. Eine Röntgenquelle **12**, ein Röntgendetektor **14**, ein rotierender Tisch **16** und eine XYZ Bewegungsmechanismuseinheit **18** sind in einer Ummantelung **10** für ein Blockieren von Röntgenstrahlen aufgenommen. Die Röntgenquelle **12** emittiert Röntgenstrahlen **13** in der Form eines kegelartigen Strahls. Der Röntgendetektor **14** detektiert die Röntgenstrahlen **13**. Ein Objekt bzw. Gegenstand **W** ist bzw. wird auf dem rotierenden Tisch **16** angeordnet. Der rotierende Tisch **16** dreht den Gegenstand **W** für ein CT Abbilden. Die XYZ Bewegungsmechanismuseinheit **18** ist dafür gedacht, um die Position und Vergrößerung des Gegenstands bzw. Objekts **W** einzustellen, welcher(s) auf den Röntgendetektor **14** projiziert wird. Der Röntgen-CT-Apparat **1** beinhaltet weiters eine Regel- bzw. Steuereinrichtung bzw. einen Controller **20**, welche(r) derartige Vorrichtungen regelt bzw. steuert, und einen Regel- bzw. Steuer-PC **22**, welcher Anweisungen an die Regel- bzw. Steuereinrichtung **20** auf der Basis von Betätigungen eines Verwenders gibt.

[0006] Neben verschiedenen Regelungen bzw. Steuerungen einer Vorrichtung weist der Regel- bzw. Steuer-PC **22** eine Funktion eines Anzeigens eines Projektionsbilds des Gegenstands **W**, welches auf den Röntgendetektor **14** projiziert wird, und eine Funktion eines Rekonstruierens eines tomographischen Bilds aus einer Mehrzahl von Projektionsbildern des Gegenstands **W** auf.

[0007] Wie dies in **Fig. 2** gezeigt ist, werden die Röntgenstrahlen **13**, welche von der Röntgenquelle **12** emittiert bzw. ausgesandt werden, durch den Gegenstand **W** auf dem rotierenden Tisch **16** transmittiert und erreichen den Röntgendetektor **14**. Der Röntgendetektor **14** erhält Transmissionsbilder (Projektionsbilder) des Gegenstands **W** in allen Richtungen, wenn bzw. da der Gegenstand **W** gedreht wird. Ein tomographisches Bild des Gegenstands **W** wird durch ein Rekonstruieren der Projektionsbilder durch ein Verwenden eines Rekonstruktionsalgorithmus, wie beispielsweise einer Rückprojektion und iterativen Rekonstruktion, erzeugt bzw. generiert.

[0008] Die Position des Gegenstands **W** kann bewegt werden, indem X-, Y- und Z-Achsen der XYZ Bewegungsmechanismuseinheit **18** und eine 0-Achse des rotierenden Tisches **16** geregelt bzw. gesteuert werden. Der Abbildungsbereich (Position und Vergrößerung) und Abbildungswinkel des Gegenstands **W** können derart eingestellt werden.

[0009] Um ein tomographisches Bild oder Volumendaten des Gegenstands **W** (stereoskopisches Bild oder einen Satz von tomographischen Bildern des Gegenstands **W** in der Z-AchsenRichtung) zu erhalten, welches das abschließende Ziel des Röntgen-CT-Apparats **1** ist, wird ein CT Scan an dem Gegenstand **W** durchgeführt.

[0010] Ein CT Scan beinhaltet zwei Prozesse, nämlich bzw. insbesondere eine Erfassung bzw. einen Erhalt von Projektionsbildern des Gegenstands **W** und eine CT Rekonstruktion. In dem Erfassungsprozess der Projektionsbilder wird der rotierende Tisch **16**, auf welchem der Gegenstand **W** angeordnet ist bzw. wird, kontinuierlich bei einer konstanten Geschwindigkeit gedreht oder intermittierend in konstanten Schrittweiten während einer Röntgenstrahl-Bestrahlung gedreht, wodurch Projektionsbilder des Gegenstands **W** in allen Richtung rundherum (bei konstanten Intervallen bzw. Abständen) erhalten werden. Eine CT Rekonstruktion wird an den erhaltenen Projektionsbildern in allen Richtungen rundherum (bei konstanten Intervallen) durchgeführt, indem ein CT Rekonstruktionsalgorithmus, wie beispielsweise eine Rückprojektion und iterative Rekonstruktion, verwendet wird. Ein tomographisches Bild oder Volumendaten des Gegenstands **W** wird bzw. werden dadurch erzeugt bzw. generiert, wie dies in **Fig. 3** illustriert ist.

[0011] Um einen Gegenstand durch ein Verwenden eines Röntgen-CT-Messapparats zu messen bzw. zu vermessen, wird einleitend ein CT Scan durchgeführt, um Volumendaten an dem bzw. betreffend den Gegenstand zu erhalten, wie dies oben beschrieben ist. Nachdem eine Oberflächenform bzw. -gestalt aus den Volumendaten detektiert wird, werden verschiedene Messungen an der Oberflächenform durchgeführt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Technisches Problem

[0012] Jedoch ist in dem vorigen Prozess die Grenze der Oberflächenform bzw. -gestalt schwierig aufgrund von Merkmalen der Röntgenquelle und des Röntgendetektors korrekt zu detektieren, und es gab ein Problem, dass die Messgenauigkeit signifikant durch die Oberflächenform beeinflusst bzw. beeinträchtigt wird.

[0013] Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um das oben beschriebene Problem in der konventionellen Technik zu lösen, und sie ist auf ein Erhöhen der Präzision einer Röntgen-CT-Messung durch ein Messen einer sphärischen bzw. kugelförmigen Kalibriereinrichtung, welche bekannte Abmessungen aufweist, gemeinsam mit einem Objekt gerichtet, um genau die Grenzoberfläche des Objekts bzw. Gegenstands zu detektieren.

Lösung für das Problem

[0014] Eine Oberflächenform bzw. -gestalt (Grenzoberfläche) in Volumendaten weist ein gekrümmtes bzw. gebogenes Profil mit einer gewissen Breite auf, wie dies in **Fig. 4** gezeigt ist. Eine Grenzoberfläche nahe zu dem wahren Wert ist schwierig aus einem derartigen Profil zu detektieren.

[0015] Jedoch zeigen, wie dies in **Fig. 5** gezeigt ist, Volumendaten an bzw. auf einer Kugel (perfekten Kugel) 30, welche aus einem einzigen Material hergestellt ist, eine sphärische bzw. kugelförmige Oberflächenform eines einheitlichen Profils an jeder Stelle (wenn Korrekturen, welche sich auf einen Röntgenstrahl beziehen, angewandt wurden). Die Mittelpunktskoordinaten der Kugel können derart mit einer beträchtlichen Genauigkeit unabhängig davon bestimmt werden, welche Position auf einem Profil als die Grenzoberfläche angenommen wird.

[0016] Unter Berücksichtigung des Vorangehenden wird in der vorliegenden Erfindung die Grenzoberfläche eines Gegenstands bzw. Objekts genau detektiert bzw. festgestellt, indem ein CT Scan mit einer Kugel aus einem einzigen Material, welche bekannte Abmessungen aufweist (nachfolgend sphärische Kalibriereinrichtung), in Kontakt mit dem Gegenstand durchgeführt wird, um Volumendaten davon zu erhalten.

[0017] Wie dies oben beschrieben ist, können die Zentrums- bzw. Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung genau bestimmt werden. Da die Abmessungen der sphärischen Kalibriereinrichtung bekannt sind, kann auch die Grenzoberflache der sphärischen Kalibriereinrichtung genau bestimmt werden.

[0018] Um genau die Grenzoberfläche eines Gegenstands **W** zu detektieren, wie dies in **Fig. 6** gezeigt ist, muss der Kontaktpunkt zwischen dem Gegenstand **W** und der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** genau bestimmt werden. Eine Kontaktrichtung muss für diesen Zweck bestimmt werden.

[0019] Um eine Grenzoberfläche zu detektieren, wählt der Benutzer, welche Grenzoberfläche zu detektieren ist, beispielsweise auf der Basis des Materials des Gegenstands **W** aus. Bei einem Auswählen der Grenzoberfläche, welche zu detektieren ist, kann eine ungefähre Richtung, wo die Grenzoberfläche ist bzw. liegt, bestimmt werden. Die Kontaktrichtung (in **Fig. 6** horizontale Richtung) kann bestimmt werden, indem die Information betreffend die ungefähre Richtung verwendet wird. Wenn die ungefähre Richtung durch die Auswahl des Benutzers der Grenzoberfläche als eine Such-Referenzrichtung bestimmt ist, wird das Vorhandensein oder die Abwesenheit eines Kontakts bestimmt, indem Profile überprüft werden, während Richtungen um die Such-Referenzrichtung verschoben werden.

[0020] Beispielsweise werden, wie dies in **Fig. 7** gezeigt ist, Vektoren, welche an den Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** aus-

gehen, welche sich in Richtungen erstrecken, welche geringfügig von der Such-Referenzrichtung verschoben sind, durch A, B und C bezeichnet werden. Die resultierenden Profile zeigen Komponenten entsprechend der sphärischen Kalibriereinrichtung **30**, eine Luftschicht (sofern vorhanden), und den Gegenstand **W** in einer Reihenfolge entlang der Richtungen der jeweiligen Vektoren. Da von einem Vektor, entlang welchem sich keine Luftschicht zwischen der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** und dem Gegenstand **W** befindet, gesagt werden kann, dass er der Zustand bzw. die Bedingung für einen Kontakt ist, wird die Nähe der Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** im Hinblick auf die Abwesenheit einer Luftschicht überprüft. Eine Luftschicht überträgt Röntgenstrahlen leichter als die sphärische Kalibriereinrichtung **30** und der Gegenstand **W**, und erscheint derart als eine Komponente mit niedrigem bzw. geringem Profil. Von dem Vektor, entlang welchem die Profilkomponenten nahe der Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** am höchsten unter den Vektoren A, B und C ist, kann daher gesagt werden, dass er nahe zu der Kontaktrichtung ist bzw. liegt.

[0021] In einer derartigen Weise wird nach einem gewünschten Profil um die Such-Referenzrichtung gesucht, wodurch eine Suchrichtung einer hohen Präzision bestimmt wird, um einen Kontaktpunkt zu berechnen.

[0022] Um genau die Grenzoberfläche des Gegenstands **W** durch ein Verwenden des Kontaktpunkts zu bestimmen, welcher wie oben beschrieben bestimmt wird, werden Grenzoberflächen, welche aus den Gradienten oder dgl. der Profile bestimmt werden, verwendet, wie dies in **Fig. 8** gezeigt ist. Eine Differenz zwischen dem Kontaktpunkt, welcher durch ein Verwenden der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** bestimmt wird, und dem Kontaktpunkt, welcher aus den Gradienten eines Profils bestimmt wird, kann als ein Korrekturwert verwendet werden. Der Korrekturwert, welcher aus dem Profil in der Kontaktrichtung bestimmt wird (Kontaktpunkt), kann auf ein Teil oder die Gesamtheit der Grenzoberfläche desselben Gegenstands (selbes Material) angewandt werden.

[0023] Die sphärische Kalibriereinrichtung **30** kann aus einem Material, wie beispielsweise einem Harz bzw. Kunststoff, Aluminium und Eisen, hergestellt sein. Die sphärische Kalibriereinrichtung **30** kann als geeignet auf der Basis der Röntgen-Messbedingungen (wie beispielsweise Röhrenspannung und Röhrenstrom) während eines CT Scans und des Materials des Gegenstands **W** ausgewählt werden.

[0024] Die vorliegende Erfindung wurde auf der Basis der vorangehenden Erkenntnisse erzielt, und löst das vorangehende Problem durch die Bereitstellung eines Kalibrierverfahrens für einen Röntgen-CT-Messapparat, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands bzw. Objekts zu erzeugen bzw. zu generieren. Das Verfahren beinhaltet: ein Erzeugen bzw. Generieren von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand; ein Erhalten eines Profils einer Oberflächenform bzw. -gestalt des Gegenstands in den Volumendaten und ein Berechnen einer Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung; und ein Bestimmen eines Korrekturwerts für ein Einstellen einer Grenzoberfläche des Gegenstands, welche aus einem Gradienten des Profils bestimmt wird, zu der bzw. auf die Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung.

[0025] Hier kann die sphärische Kalibriereinrichtung aus demselben Material wie demjenigen des Gegenstands bzw. Objekts hergestellt sein bzw. werden.

[0026] Die vorliegende Erfindung löst auch das vorangehende Problem durch die Bereitstellung eines Kalibrierapparats bzw. -geräts für einen Röntgen-CT-Messapparat, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen. Der Apparat bzw. die Vorrichtung beinhaltet: eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand zu erzeugen; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um ein Profil einer Oberflächenform bzw. -gestalt des Gegenstands in den Volumendaten zu erhalten und eine Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung zu berechnen; und eine Einheit, welche konfiguriert ist, um einen Korrekturwert für ein Einstellen einer Grenzoberfläche des Gegenstands zu bestimmen, welche aus einem Gradienten des Profils bestimmt wird, zu der bzw. auf die Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung.

[0027] Die vorliegende Erfindung löst auch das vorangehende Problem durch ein Durchführen einer Messung unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographi-

sches Bild des Gegenstands zu erzeugen. Die durchführende Messung beinhaltet: ein Erzeugen bzw. Generieren von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand; ein Bestimmen einer Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts, welcher durch das vorangehende Verfahren bestimmt wird; und ein Bestimmen einer Form bzw. Gestalt des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche.

[0028] Hier kann eine Datenbank für jede Kombination des Korrekturwerts und eines Materials erzeugt bzw. generiert werden, wobei der Korrekturwert für jede normale Richtung einer Messoberfläche des Gegenstands bestimmt wird. Bei einem Messen bzw. Vermessen des Gegenstands kann der Korrekturwert entsprechend der normalen Richtung der Messoberfläche aus der Datenbank gelesen und für die Messung verwendet werden.

[0029] Die vorliegende Erfindung löst auch das vorangehende Problem durch das Bereitstellen eines Messapparats unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen. Der Messapparat beinhaltet: eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand zu erzeugen; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts zu bestimmen, welcher durch den vorangehenden Apparat für ein Kalibrieren eines Röntgen-CT-Messapparats bestimmt wird; und eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche zu bestimmen.

[0030] Hier kann der Messapparat weiters beinhalten: eine Datenbank, welche für jede Kombination des Korrekturwerts und eines Materials erzeugt wird, wobei der Korrekturwert für jede normale Richtung einer Messoberfläche des Gegenstands bestimmt wird; und eine Einheit, welche konfiguriert ist, um den Korrekturwert entsprechend der normalen Richtung der Messoberfläche aus der Datenbank zu lesen, und welche den Korrekturwert für eine Messung bei einem Messen bzw. Vermessen des Gegenstands verwendet.

[0031] Die vorliegende Erfindung löst auch das vorangehende Problem durch ein Anordnen eines Gegenstands bzw. Objekts und einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in einem Kasten, welcher Röntgenstrahlen transmittiert, ein Erzeugen von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans, wobei sich die sphärische Kalibriereinrichtung in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten befindet, ein Bestimmen einer Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts, welcher durch das vorangehende Verfahren bestimmt wird, und ein Bestimmen einer Form des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche.

[0032] Die vorliegende Erfindung löst auch das vorangehende Problem durch die Bereitstellung von: einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist; einem Kasten, welcher die sphärische Kalibriereinrichtung aufnimmt und Röntgenstrahlen transmittiert; einer Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten zu erzeugen, indem ein CT Scan durchgeführt wird, wobei sich die sphärische Kalibriereinrichtung in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten befindet; einer Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts zu bestimmen, welcher durch den vorangehenden Apparat für ein Kalibrieren eines Röntgen-CT-Messapparats bestimmt wird; und einer Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands zu bestimmen, indem die Grenzoberfläche verwendet wird.

[0033] Die vorliegende Erfindung stellt auch einen Röntgen-CT-Messapparat zur Verfügung, beinhaltend: eine sphärische Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten zu erzeugen, indem ein CT Scan mit der sphärischen Kalibriereinrichtung durchgeführt wird, welche sich in Kontakt mit einem Gegenstand befindet; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um ein Profil einer Oberflächenform des Gegenstands in den Volumendaten zu erhalten; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung in den Volumendaten aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung zu berechnen; eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands zu korrigieren, indem der Korrekturwert verwendet wird, welcher durch den vorangehenden Apparat für ein Kalibrieren eines Röntgen-CT-Messapparats bestimmt wird; und eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands durch ein Verwenden der korrigierten Grenzoberfläche zu bestimmen.

[0034] Der Röntgen-CT-Messapparat kann weiters einen Kasten beinhalten, welcher den Gegenstand und die sphärische Kalibriereinrichtung aufnimmt und die Röntgenstrahlen transmittiert. Die sphärische Kalibriereinrichtung kann in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten gebracht werden.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0035] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Präzision einer Röntgen-CT-Messung erhöht bzw. gesteigert werden, indem die sphärische Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, gemeinsam mit dem Objekt bzw. Gegenstand gemessen wird, um genau die Oberflächenform bzw. -gestalt des Gegenstands zu detektieren. Eine Röntgen-CT-Messung hoher Präzision kann derart durchgeführt werden, ohne ein spezielles Messinstrument, wie beispielsweise eine dreidimensionale Koordinatenmessmaschine (CMM), zu verwenden.

[0036] Diese und andere neuartigen Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen ersichtlich werden.

Figurenliste

[0037] Die bevorzugten Ausführungsformen werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben werden, wobei gleiche Elemente in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet wurden, und wobei;

0036 **Fig. 1** eine Schnittansicht ist, welche eine gesamte Konfiguration eines typischen Röntgen-CT-Apparats zeigt, welcher für eine Messung verwendet wird;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Anordnung von wesentlichen Teilen desselben zeigt;

Fig. 3 ein Diagramm ist, welches zeigt, wie eine CT Rekonstruktion durchgeführt wird;

Fig. 4 ein Diagramm für ein Beschreiben eines konventionellen Problems ist;

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht für ein Beschreiben des Prinzips der vorliegenden Erfindung ist, welche zeigt, dass sich Zentrums- bzw. Mittelpunktskoordinaten nicht sehr in Abhängigkeit von der Detektionsposition einer Grenzoberfläche ändern;

Fig. 6 ein Diagramm für denselben Zweck ist, welches einen Kontaktzustand zwischen einer sphärischen Kalibriereinrichtung und einem Gegenstand zeigt;

Fig. 7 ein Diagramm für denselben Zweck ist, welches einen Zustand zeigt, wo sich Vektoren in Richtungen erstrecken, welche geringfügig von bzw. gegenüber einer Such-Referenzposition verschoben sind;

Fig. 8 ein Diagramm für denselben Zweck ist, welches ein Beispiel einer Beziehung zwischen einer Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung und einer Grenzoberfläche des Gegenstands ist, welche aus dem Gradienten eines Profils bestimmt wird;

Fig. 9 ein Flussdiagramm ist, welches eine Be- bzw. Verarbeitungsprozedur gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 10 ein Flussdiagramm ist, welches eine Be- bzw. Verarbeitungsprozedur gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 11 eine perspektivische Ansicht ist, welche einen Zustand zeigt, wo ein Gegenstand und sphärische Kalibriereinrichtungen in einen Kasten, welcher aus einem Material hergestellt ist, welches leicht Röntgenstrahlen transmittiert, gemäß der zweiten Ausführungsform gegeben bzw. darin angeordnet werden; und

Fig. 12 ein Diagramm ist, welches ein Beispiel einer Beziehung zwischen Volumendaten an sphärischen Kalibriereinrichtungen, welche sich in Kontakt mit einem Gegenstand befinden, und Volumendaten an dem bzw. betreffend den Gegenstand gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0038] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Detail unten unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben werden. Es sollte festgehalten bzw. angemerkt werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Inhalte beschränkt bzw. begrenzt ist, welche in den folgenden Ausführungsformen und praktischen Beispielen beschrieben sind bzw. werden. Die Komponenten der Ausführungsformen und praktischen Beispiele, welche unten beschrieben sind, können diejenigen, welche leicht durch Fachleute ersonnen bzw. entwickelt werden können, im Wesentlichen identische und diejenigen innerhalb des Bereichs einer Äquivalenz beinhalten. Die Komponenten, welche in den unten beschriebenen Ausführungsformen und praktischen Beispielen geoffenbart werden, können entsprechend kombiniert werden und können entsprechend bzw. geeignet ausgewählt und verwendet werden.

[0039] In einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird, wie dies in **Fig. 9** gezeigt ist, ein CT Scan einleitend in einem Schritt **110** durchgeführt, wobei sich ein Gegenstand bzw. Objekt **W** in Kontakt mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung bzw. einem sphärischen Kalibrierwerkzeug **30** befindet. Volumendaten, wie sie beispielsweise in **Fig. 6** oder **Fig. 7** illustriert sind, werden dadurch erzeugt bzw. generiert.

[0040] In einem Schritt **120** werden die Zentrums- bzw. Mittelpunktskoordinaten der sphärischen bzw.

kugelförmigen Kalibriereinrichtung **30** an den bzw. betreffend die Volumendaten berechnet.

[0041] In einem Schritt **130** wird eine Grenzoberfläche des zu bestimmenden Gegenstands **W** spezifiziert, und es wird eine Such-Referenzrichtung berechnet.

[0042] In einem Schritt **140** wird nach einer Kontaktrichtung gesucht und es werden ein Kontaktpunkt und ein Korrekturwert bestimmt.

[0043] In einem Schritt **150** wird die Grenzoberfläche des Gegenstands **W**, welche aus dem Gradienten eines Profils bestimmt wird, korrigiert.

[0044] Da sich der Gegenstand **W** in Kontakt mit der sphärischen Kalibriereinrichtung **30** befindet, kann die Grenzoberfläche des Kontaktabschnitts durch das vorangehende Prinzip korrigiert werden. Die korrigierte Grenzoberfläche kann verwendet werden, um beispielsweise den Abstand des Gegenstands **W** zu berechnen.

[0045] Korrekturwerte können für jeweilige normale Richtungen von Messoberflächen des Gegenstands **W** bestimmt werden, und es kann eine Datenbank beispielsweise für jede Kombination eines Korrekturwerts und eines Materials erzeugt bzw. generiert werden. Bei einem Messen bzw. Vermessen des Gegenstands **W** kann ein Korrekturwert entsprechend der normalen Richtung der Messoberfläche aus der Datenbank gelesen und für eine Messung verwendet werden.

[0046] Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben werden.

[0047] In der vorliegenden Ausführungsform wird in einem Schritt **200** ein Kasten **40**, welcher aus einem Material hergestellt ist, welcher leicht Röntgenstrahlen transmittiert bzw. durchlässt, einleitend vorbereitet. Wie dies in **Fig. 11** gezeigt ist, wird ein Gegenstand **W** in den Kasten **40** gestellt bzw. darin angeordnet und es wird eine Mehrzahl von sphärischen Kalibriereinrichtungen **30** im Inneren verteilt.

[0048] Schritte **110** bis **150** ähnlich zu denjenigen der ersten Ausführungsform werden dann durchgeführt. Es ist festzuhalten, dass die Anzahl von sphärischen Kalibrierwerkzeugen **30** in den Schritten **110** und **120** eine Mehrzahl ist.

[0049] In der vorliegenden Ausführungsform können, wie dies in **Fig. 12** illustriert ist, die korrigierten Grenzoberflächen verwendet werden, um beispielsweise einen Abstand bzw. eine Distanz des Gegenstands **W** zu berechnen.

[0050] Die vorliegende Erfindung ist auch auf Verfahren verschieden von denjenigen der zweiten Ausführungsform anwendbar, solange der Gegenstand **W** und die sphärischen Kalibriereinrichtungen **30** in Kontakt miteinander angeordnet werden können.

[0051] Bilder können leichter erhalten werden, wenn die sphärischen Kalibriereinrichtungen **30** aus demselben Material wie demjenigen des Gegenstands **W** hergestellt sind bzw. werden. Unterschiedliche Materialen, wie beispielsweise Messing, Aluminium, Eisen und Keramik, können verwendet werden.

[0052] Es sollte Fachleuten erkennbar bzw. ersichtlich sein, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen lediglich illustrativ sind, welche die Anwendung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung repräsentieren. Zahlreiche und abgewandelte andere Anordnungen können leicht durch Fachleute erdacht bzw. entwickelt werden, ohne von dem Wesen bzw. Geist und dem Rahmen bzw. Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019172253 [0001]

Patentansprüche

1. Kalibrierverfahren für einen Röntgen-CT-Messapparat, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen, wobei das Verfahren umfasst:
ein Erzeugen von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand;
ein Erhalten eines Profils einer Oberflächenform des Gegenstands in den Volumendaten und ein Berechnen einer Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung; und
ein Bestimmen eines Korrekturwerts für ein Einstellen einer Grenzoberfläche des Gegenstands, welche aus einem Gradienten des Profils bestimmt wird, auf die Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung.

2. Kalibrierverfahren für einen Röntgen-CT-Messapparat nach Anspruch 1, wobei die sphärische Kalibriereinrichtung aus demselben Material wie dasjenige des Gegenstands hergestellt wird.

3. Kalibrierapparat für einen Röntgen-CT-Messapparat, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen, wobei der Apparat umfasst:
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand zu erzeugen;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um ein Profil einer Oberflächenform des Gegenstands in den Volumendaten zu erhalten und eine Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung zu berechnen; und
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um einen Korrekturwert für ein Einstellen einer Grenzoberfläche des Gegenstands zu bestimmen, welche aus einem Gradienten des Profils bestimmt wird, auf die Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung.

4. Kalibrierapparat für einen Röntgen-CT-Messapparat nach Anspruch 3, wobei die sphärische Kalibriereinrichtung aus demselben Material wie dasjenige des Gegenstands hergestellt ist.

5. Messverfahren unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen, wobei das Verfahren umfasst:
ein Erzeugen von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand;
ein Bestimmen einer Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts, welcher durch das Verfahren nach Anspruch 1 bestimmt wird; und
ein Bestimmen einer Form des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche.

6. Messverfahren unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats nach Anspruch 5, wobei eine Datenbank für jede Kombination des Korrekturwerts und eines Materials erzeugt wird, wobei der Korrekturwert für jede normale Richtung einer Messoberfläche des Gegenstands bestimmt wird, und bei einem Messen des Gegenstands der Korrekturwert entsprechend der normalen Richtung der Messoberfläche aus der Datenbank gelesen und für die Messung verwendet wird.

7. Messapparat unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, welcher konfiguriert ist, um einen auf einem rotierenden Tisch angeordneten Gegenstand mit Röntgenstrahlen zu bestrahlen, während der Gegenstand gedreht wird, und ein Projektionsbild des Gegenstands zu rekonstruieren, um ein tomographisches Bild des Gegenstands zu erzeugen, wobei der Messapparat umfasst:
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans mit einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in Kontakt mit dem Gegenstand zu erzeugen;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts zu bestimmen, welcher durch den Apparat nach Anspruch 3 bestimmt wird; und
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche zu bestimmen.

8. Messapparat unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats nach Anspruch 7, weiters umfassend:
eine Datenbank, welche für jede Kombination des Korrekturwerts und eines Materials erzeugt wird, wobei der Korrekturwert für jede normale Richtung einer Messoberfläche des Gegenstands bestimmt wird; und

eine Einheit, welche konfiguriert ist, um den Korrekturwert entsprechend der normalen Richtung der Messoberfläche aus der Datenbank zu lesen, und welche den Korrekturwert für eine Messung bei einem Messen des Gegenstands verwendet.

9. Messverfahren unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, umfassend:
ein Anordnen eines Gegenstands und einer sphärischen Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist, in einem Kasten, welcher Röntgenstrahlen transmittiert;
ein Erzeugen von Volumendaten durch ein Durchführen eines CT Scans, wobei sich die sphärische Kalibriereinrichtung in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten befindet;
ein Bestimmen einer Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts, welcher durch das Verfahren nach Anspruch 1 bestimmt wird; und
ein Bestimmen einer Form des Gegenstands durch ein Verwenden der Grenzoberfläche.

10. Messapparat unter Verwendung eines Röntgen-CT-Messapparats, umfassend:
eine sphärische Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist;
einen Kasten, welcher die sphärische Kalibriereinrichtung aufnimmt und Röntgenstrahlen transmittiert;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten zu erzeugen, indem ein CT Scan durchgeführt wird, wobei sich die sphärische Kalibriereinrichtung in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten befindet;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands durch ein Verwenden des Korrekturwerts zu bestimmen, welcher durch den Apparat nach Anspruch 3 bestimmt wird; und
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands zu bestimmen, indem die Grenzoberfläche verwendet wird.

11. Röntgen-CT-Messapparat, umfassend:
eine sphärische Kalibriereinrichtung, welche eine bekannte Abmessung aufweist;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um Volumendaten zu erzeugen, indem ein CT Scan mit der sphärischen Kalibriereinrichtung durchgeführt wird, welche sich in Kontakt mit einem Gegenstand befindet;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um ein Profil einer Oberflächenform des Gegenstands in den Volumendaten zu erhalten;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche der sphärischen Kalibriereinrichtung in den Volumendaten aus Mittelpunktskoordinaten der sphärischen Kalibriereinrichtung zu berechnen;
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Grenzoberfläche des Gegenstands zu korrigieren, indem der Korrekturwert verwendet wird, welcher durch den Apparat nach Anspruch 3 bestimmt wird; und
eine Einheit, welche konfiguriert ist, um eine Form des Gegenstands durch ein Verwenden der korrigierten Grenzoberfläche zu bestimmen.

12. Röntgen-CT-Messapparat nach Anspruch 11, weiters umfassend einen Kasten, welcher den Gegenstand und die sphärische Kalibriereinrichtung aufnimmt und die Röntgenstrahlen transmittiert, und wobei die sphärische Kalibriereinrichtung in Kontakt mit dem Gegenstand in dem Kasten gebracht wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

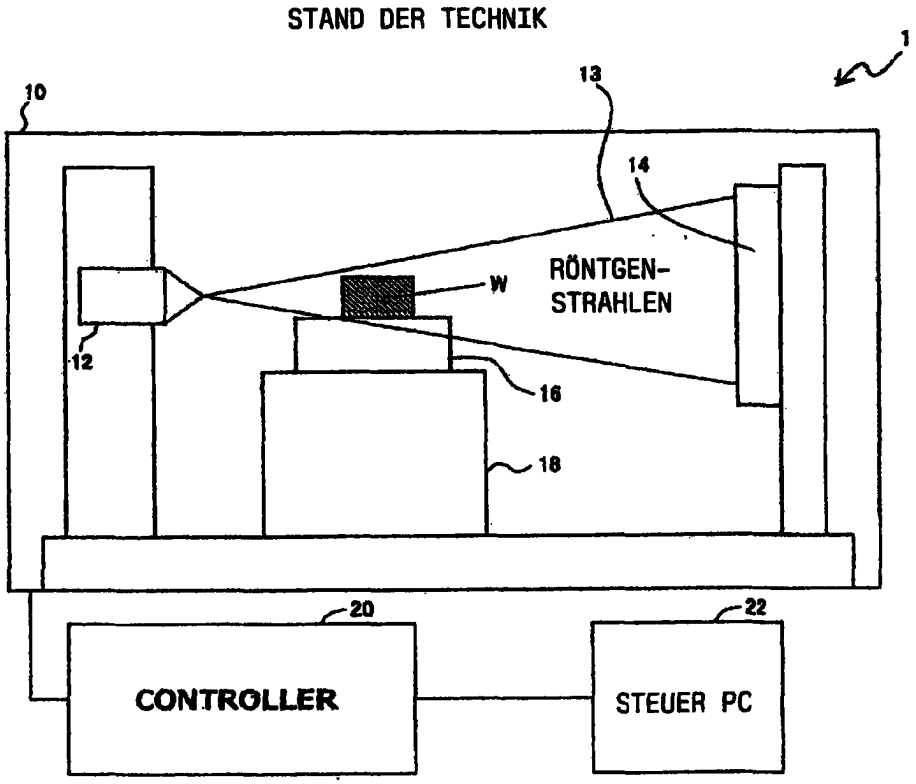


Fig. 2

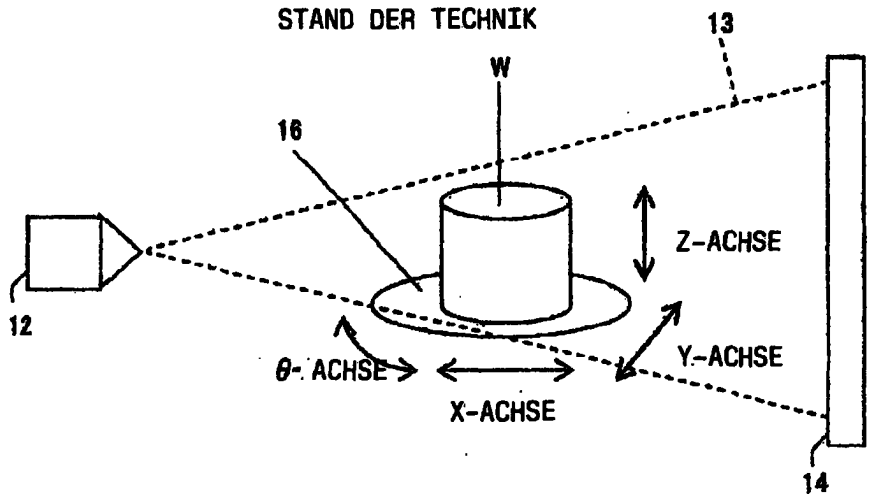


Fig. 3

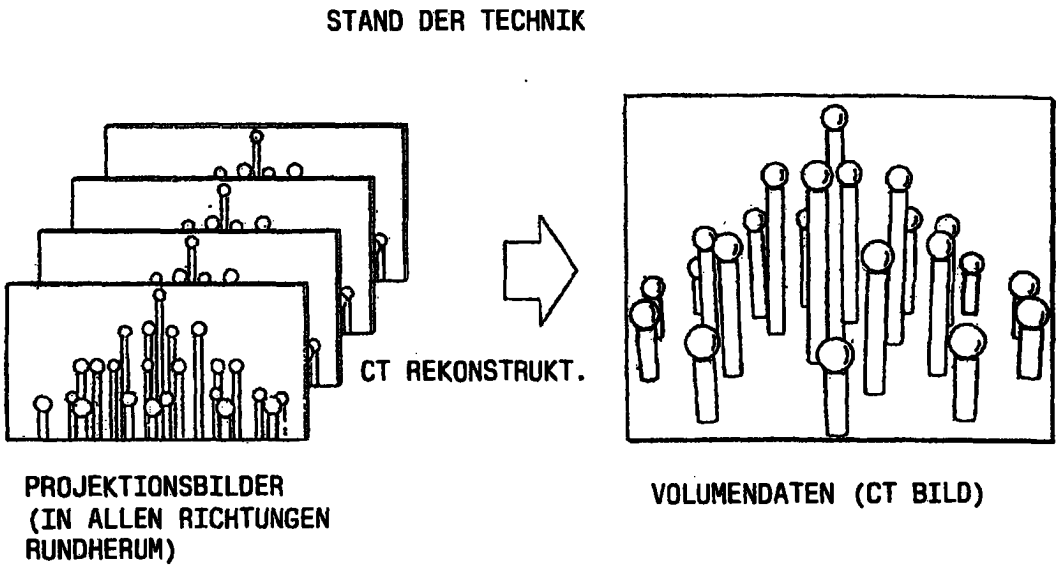

STAND DER TECHNIK
CT REKONSTRUKT.
PROJEKTIONSBILDER
(IN ALLEN RICHTUNGEN
RUNDHERUM)
VOLUMENDATEN (CT BILD)

Fig. 4

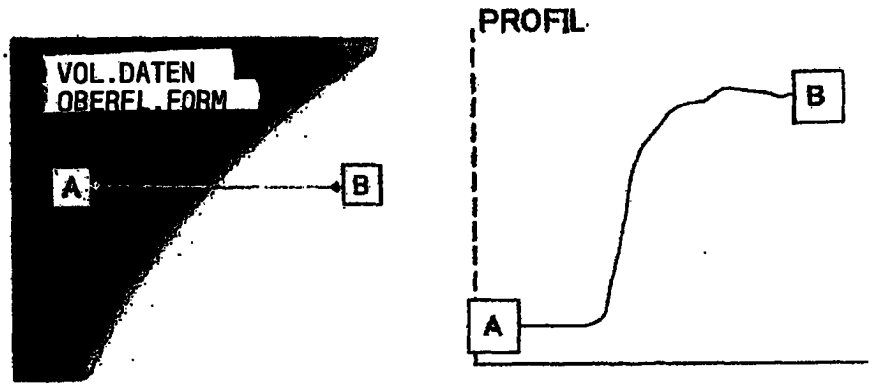

STAND DER TECHNIK
VOL.DATEN
OBERFL.FORM
A
B
PROFIL
A
B

Fig. 5

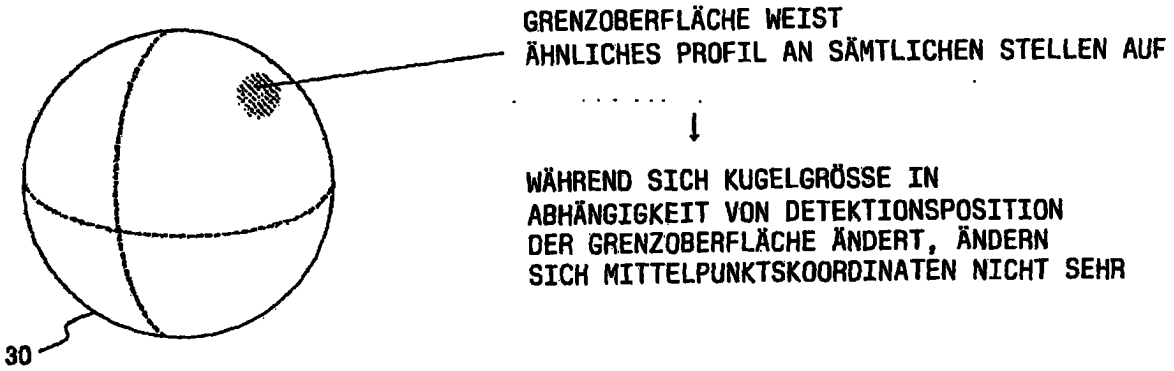

GRENZOBERFLÄCHE WEIST
ÄHNLICHES PROFIL AN SÄMTLICHEN STELLEN AUF
WÄHREND SICH KUGELGRÖSSE IN
ABHÄNGIGKEIT VON DETEKTIONSPOSITION
DER GRENZOBERFLÄCHE ÄNDERT, ÄNDERN
SICH MITTELPUNKTSKOORDINATEN NICHT SEHR
30

Fig. 6

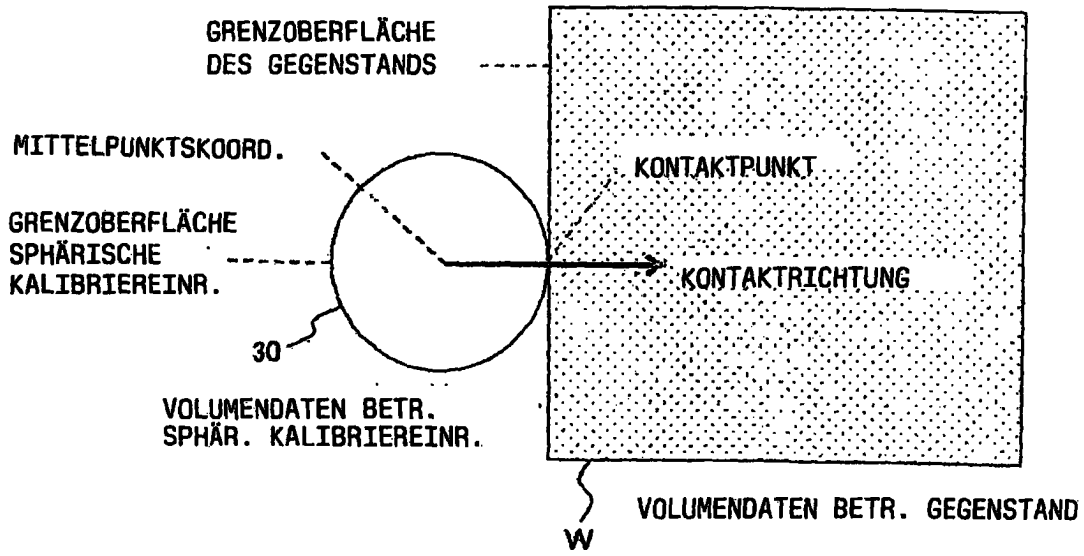

GRENZOBERFLÄCHE
DES GEGENSTANDS
MITTELPUNKTSKOORD.
GRENZOBERFLÄCHE
SPHÄRISCHE
KALIBRIEREINR.
30
VOLUMENDATEN BETR.
SPHÄR. KALIBRIEREINR.
KONTAKTPUNKT
KONTAKTRICHTUNG
VOLUMENDATEN BETR. GEGENSTAND
W

Fig. 7

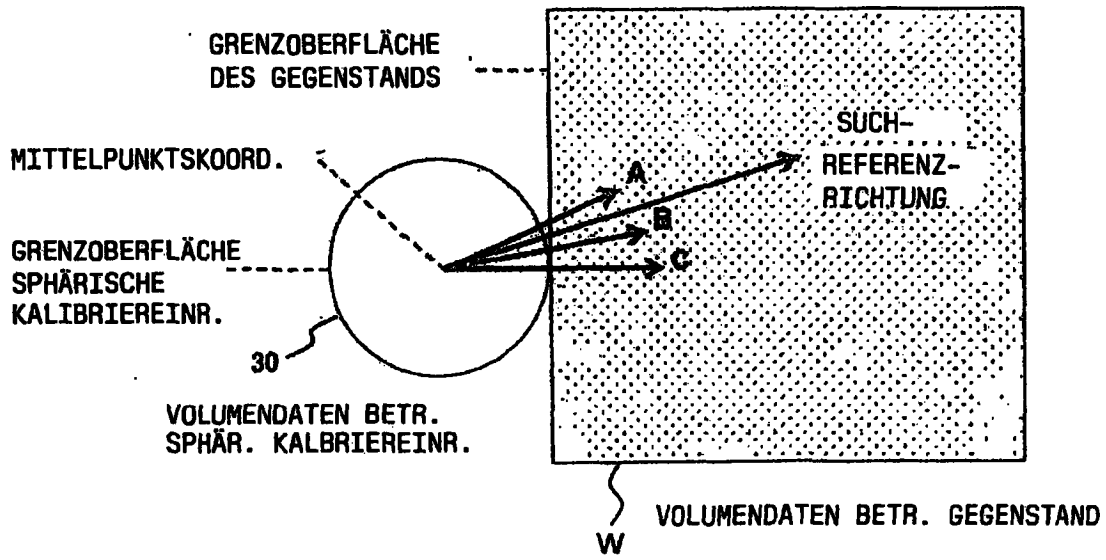

GRENZOBERFLÄCHE
DES GEGENSTANDS
MITTELPUNKTSKOORD.
GRENZOBERFLÄCHE
SPHÄRISCHE
KALIBRIEREINR.
30
VOLUMENDATEN BETR.
SPHÄR. KALBRIEREINR.
SUCH-
REFERENZ-
RICHTUNG
A
B
C
W
VOLUMENDATEN BETR. GEGENSTAND

Fig. 8

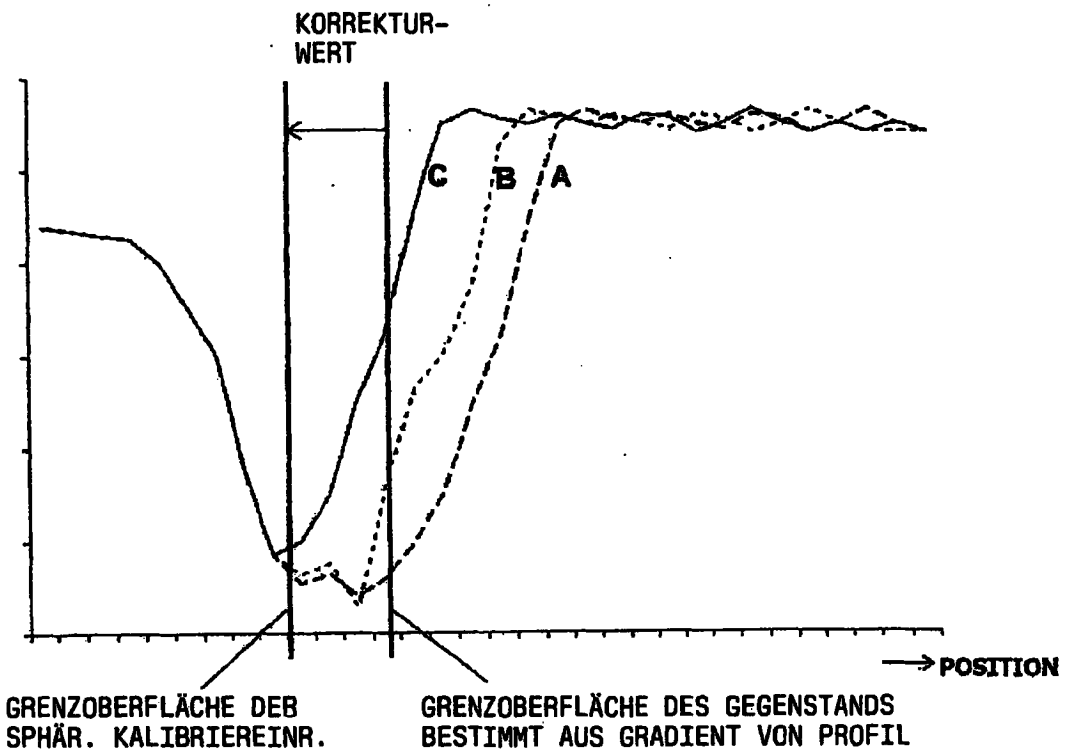

KORREKTUR-
WERT
C
B
A
POSITION
GRENZOBERFLÄCHE DEB
SPHÄR. KALIBRIEREINR.
GRENZOBERFLÄCHE DES GEGENSTANDS
BESTIMMT AUS GRADIENT VON PROFIL

Fig. 9

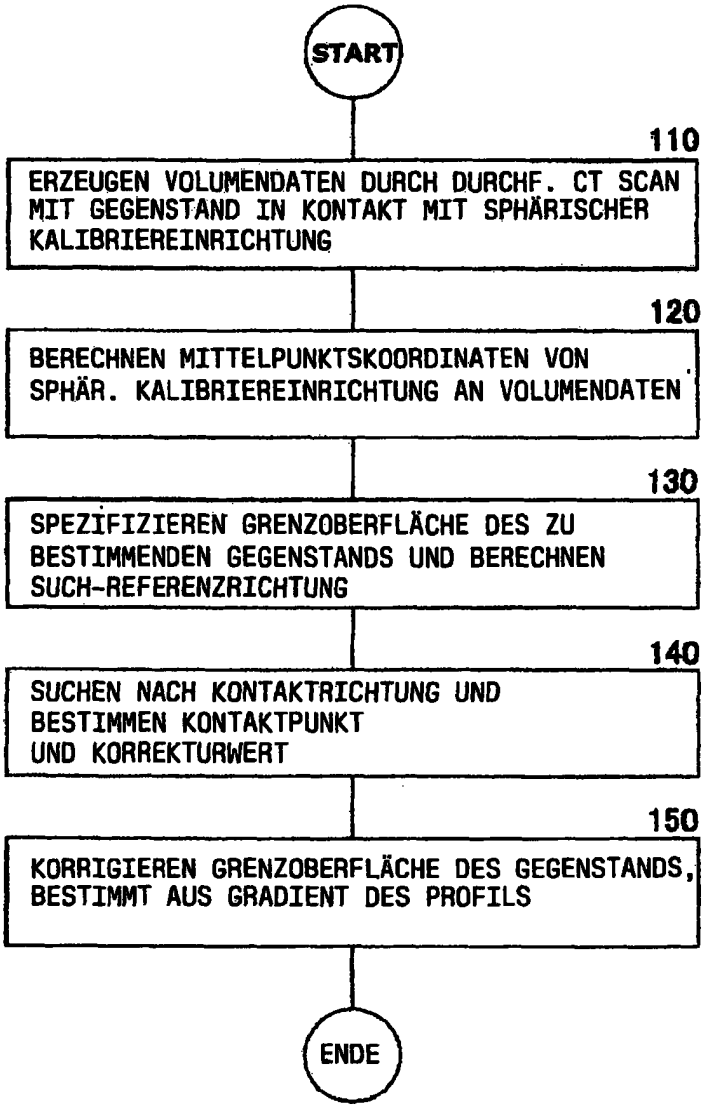

START
110
ERZEUGEN VOLUMENDATEN DURCH DURCHF. CT SCAN MIT GEGENSTAND IN KONTAKT MIT SPHÄRISCHER KALIBRIEREINRICHTUNG
120
BERECHNEN MITTELPUNKTSKOORDINATEN VON SPHÄR. KALIBRIEREINRICHTUNG AN VOLUMENDATEN
130
SPEZIFIZIEREN GRENZOBERFLÄCHE DES ZU BESTIMMENDEN GEGENSTANDS UND BERECHNEN SUCH-REFERENZRICHTUNG
140
SUCHEN NACH KONTAKTRICHTUNG UND BESTIMMEN KONTAKTPUNKT UND KORREKTURWERT
150
KORRIGIEREN GRENZOBERFLÄCHE DES GEGENSTANDS, BESTIMMT AUS GRADIENT DES PROFILS
ENDE

Fig. 10

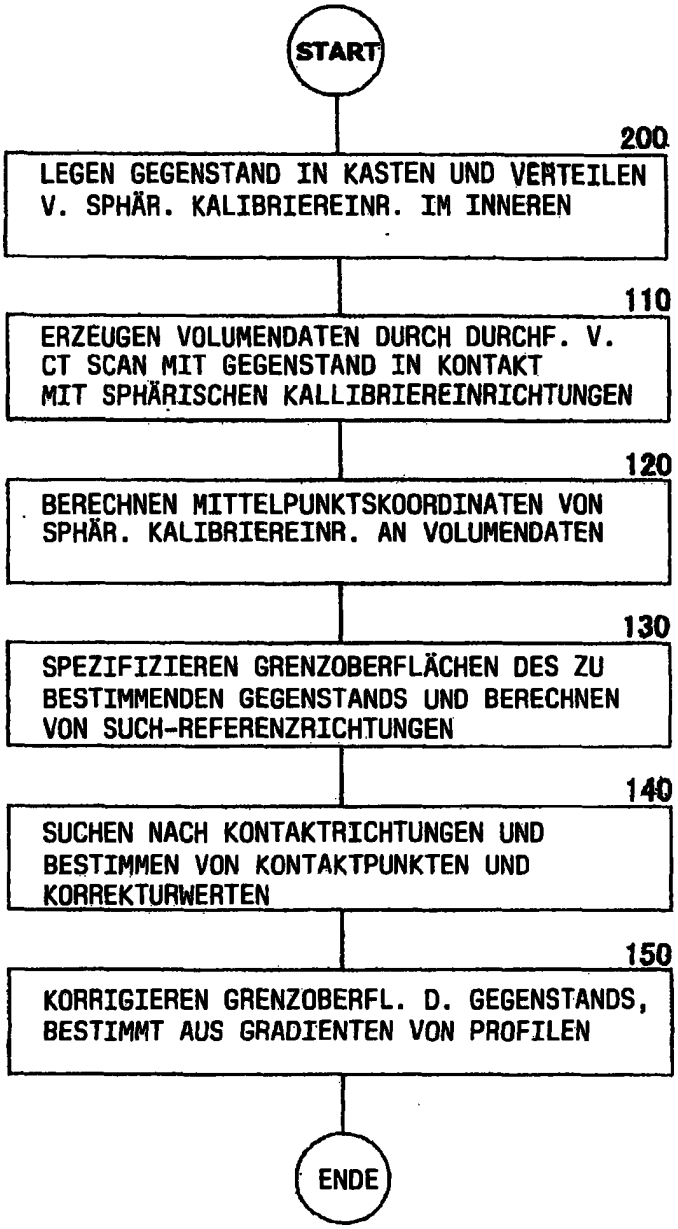

START
200
LEGEN GEGENSTAND IN KASTEN UND VERTEILEN V. SPHÄR. KALIBRIEREINR. IM INNEREN
110
ERZEUGEN VOLUMENDATEN DURCH DURCHF. V. CT SCAN MIT GEGENSTAND IN KONTAKT MIT SPHÄRISCHEN KALLIBRIEREINRICHTUNGEN
120
BERECHNEN MITTELPUNKTSKOORDINATEN VON SPHÄR. KALIBRIEREINR. AN VOLUMENDATEN
130
SPEZIFIZIEREN GRENZOBERFLÄCHEN DES ZU BESTIMMENDEN GEGENSTANDS UND BERECHNEN VON SUCH-REFERENZRICHTUNGEN
140
SUCHEN NACH KONTAKTRICHTUNGEN UND BESTIMMEN VON KONTAKTPUNKTEN UND KORREKTURWERTEN
150
KORRIGIEREN GRENZOBERFL. D. GEGENSTANDS, BESTIMMT AUS GRADIENTEN VON PROFILEN
ENDE

Fig. 11

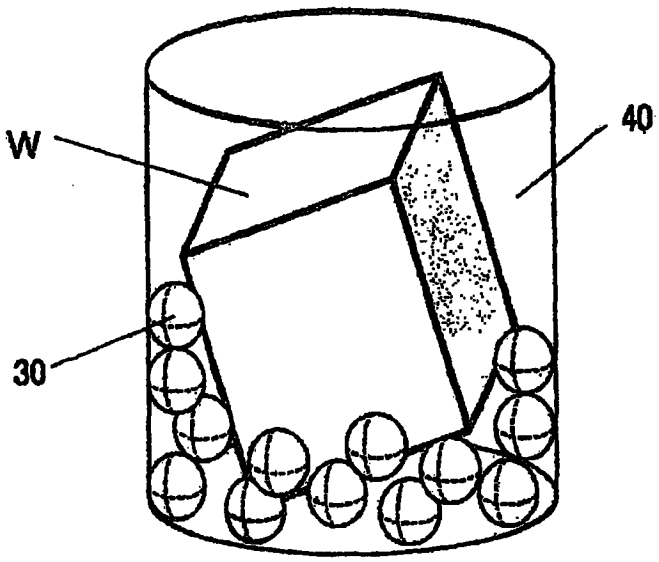
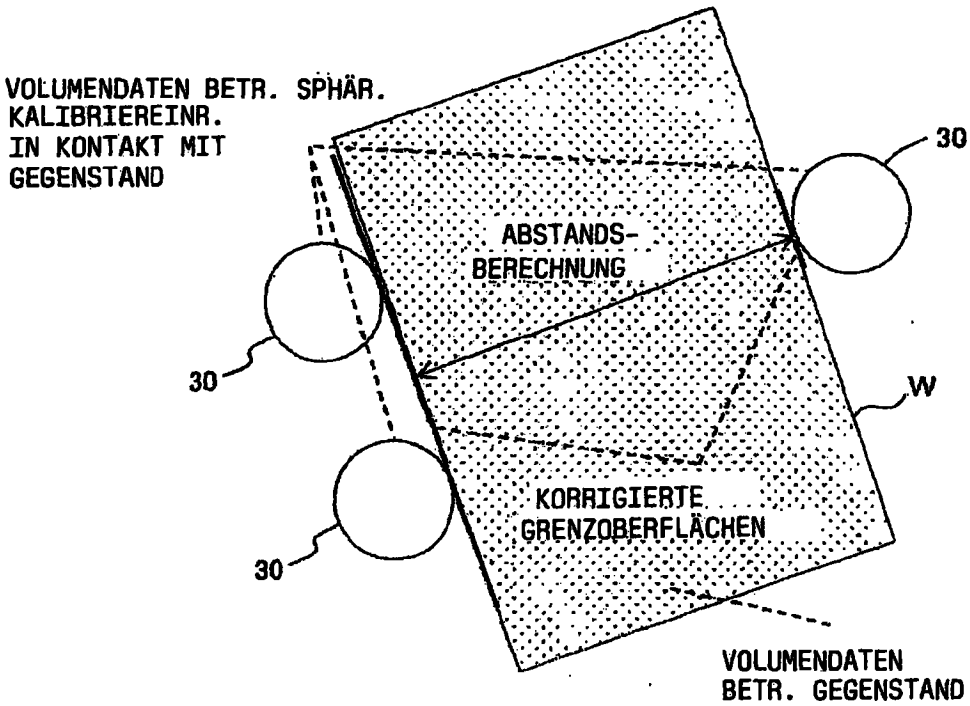


Fig. 12



 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.