

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. November 2012 (15.11.2012)



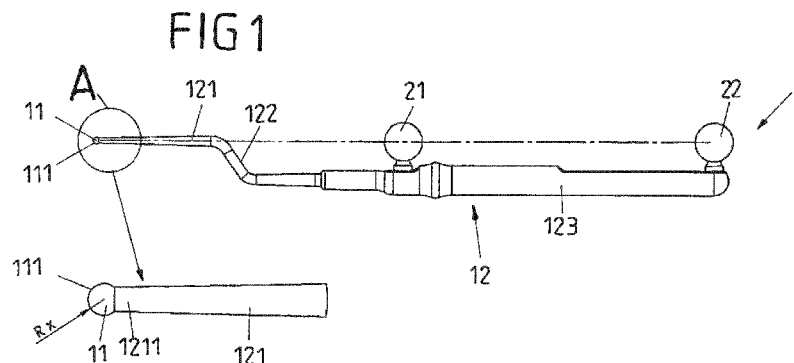
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/152879 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*G01B 11/00* (2006.01) *A61B 19/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/058671
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
10. Mai 2012 (10.05.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2011 075 672.8 11. Mai 2011 (11.05.2011) DE  
10 2011 053 922.0  
26. September 2011 (26.09.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** SCOPIS GMBH [DE/DE]; Blücherstraße 22, 10961 Berlin (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** KOSMECKI, Bartosz [DE/DE]; Friedelstraße 27, 12047 Berlin (DE). REUTTER, Andreas [DE/DE]; Schönhauser Allee 85, 10439 Berlin (DE). ÖZBEK, Christopher [DE/DE]; Belziger Straße 48, 10823 Berlin (DE).
- (74) **Anwalt:** STAROSKE, Sandro; Patentanwälte, Maikowski & Ninnemann, Postfach 15 09 20, 10671 Berlin (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** RECORDING DEVICE, METHOD AND DEVICE FOR RECORDING A SURFACE OF AN OBJECT

(54) **Bezeichnung :** REGISTRIERVORRICHTUNG, VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REGISTRIEREN EINER OBERFLÄCHE EINES OBJEKTES



(57) **Abstract:** The invention relates to a recording device for recording points of a surface of an object, comprising a scanning element (11) that is to be brought in contact with the surface for recording a point of the surface, wherein the scanning element (11) has a spatial contour (11) that is to face the surface to be recorded. Said contour can be a sphere in particular. The invention further relates to a method and to a device for recording a surface of an object using a recording device. In said method, the radius of the sphere of the scanning element is taken into consideration when recording the scanned measurement points with a reference surface. Said method is carried out in that the amount of said radius is subtracted from the distance that the scanned points have from the respective closest point on the reference surface when optimizing the recording.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Registriervorrichtung zum Registrieren von Punkten einer Oberfläche eines Objektes, mit einem Abtastelement (11), das zum Registrieren eines Punktes der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/152879 A1



- 
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Oberfläche in Kontakt mit der Oberfläche zu bringen ist, wobei das Abtastelement (11) eine der zu registrierenden Oberfläche zuzuwendende räumliche Kontur (111) aufweist. Diese Kontur kann insbesondere eine Kugel sein. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Registrieren einer Oberfläche eines Objektes unter Verwendung einer Registriervorrichtung. Bei diesem Verfahren wird bei der Registrierung der abgetasteten Messpunkte mit einer Referenzoberfläche der Radius der Kugel des Abtastelements berücksichtigt. Dies erfolgt dadurch, dass bei der Optimierung der Registrierung der Betrag dieses Radius von dem Abstand der Abtastpunkte zu dem jeweils nächstliegenden Punkt auf der Referenzoberfläche abgezogen wird.

5

10

---

15 **Registriervorrichtung, Verfahren und Vorrichtung zum Registrieren einer Oberfläche eines Objektes**

---

20 **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine Registriervorrichtung zum Registrieren von Punkten einer Oberfläche gemäß Anspruch 1, ein Verfahren zum Registrieren einer Oberfläche eines Objektes gemäß Anspruch 7 sowie eine Vorrichtung zum Durchführen eines derartigen  
25 Verfahrens gemäß Anspruch 15.

Aus der Medizintechnik sind klinische Navigationssysteme bekannt, mit denen sich z. B. während einer Operation die räumliche Position eines Instrumentes (z. B. eines Endoskops) bestimmen und lagerichtig in Bilddarstellungen (z. B. in Form einer CT-  
30 Aufnahme) eines Operationsgebietes einblenden zu können. Die lagerichtige Einblendung erfordert eine Transformation der mittels des klinischen Navigationssystems bestimmten räumlichen Position des Instrumentes in das Koordinatensystem der Darstellung des Operationsgebietes. Hierzu wird das Operationsgebiet (z. B. der Kopf eines Patienten) mit einer Registriervorrichtung „registriert“, d. h. Punkte (bzw. punktförmige  
35 Bereiche) einer von außen zugänglichen Oberfläche des Operationsgebietes (z.B. der

Kopfoberfläche) werden mit der Registriervorrichtung abgetastet und jeweils die Raumkoordinaten der abgetasteten Punkte bestimmt. Mit der Registrierung des Operationsgebietes kann der tatsächliche Verlauf einer Oberfläche des Operationsgebietes im Koordinatensystem des klinischen Navigationssystems bestimmt und an den Verlauf der entsprechenden Oberfläche in der Darstellung des Operationsgebietes angepasst werden.  
5 Ein derartiges Registrieren von Oberflächen wird auch in anderen Bereichen der Technik z.B. zur Erkennung von Oberflächendefekten eingesetzt, wie z. B. in der US 5,715,166 beschrieben.

10 Das von der vorliegenden Erfindung zu lösende Problem besteht darin, eine Registriervorrichtung zum Registrieren von Punkten einer Oberfläche anzugeben, die ein möglichst sicheres Registrieren der Punkte ermöglicht und dennoch möglichst gut handhabbar ist. Des Weiteren soll ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Registrieren einer Oberfläche  
15 möglichst lagerichtige Kombination von Positionsdaten in einem ersten Koordinatensystem mit einem Modell des Objektes in einem anderen Koordinatensystem erlaubt.

Diese Probleme werden durch die Registriervorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 bzw. durch das Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 7 sowie durch  
20 die Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens gemäß Anspruch 15 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Danach wird eine Registriervorrichtung zum Registrieren von Punkten einer Oberfläche eines Objektes bereitgestellt, mit

- 25
- einem Abtastelement, das zum Registrieren eines Punktes der Oberfläche in Kontakt mit der Oberfläche zu bringen ist, wobei
  - das Abtastelement eine der zu registrierenden Oberfläche zuzuwendende räumliche Kontur aufweist

30 Die Registriervorrichtung ist insbesondere ein langgestrecktes Instrument, das an seinem einen Ende das Abtastelement aufweist. Insbesondere dient die erfindungsgemäße Registriervorrichtung, wie oben bereits angedeutet, dazu, die Verwendung eines klinischen Navigationssystems vorzubereiten. Hierzu wird mit der Registriervorrichtung eine Oberfläche eines Operationsgebietes abgetastet, wobei das Abtasten z.B. punktuell er-

folgt, d. h. die Registriervorrichtung wird punktweise in Kontakt mit der Oberfläche gebracht und jeweils die Position des Abtastelementes bestimmt. Denkbar ist jedoch auch, dass die Registriervorrichtung kontinuierlich über die Oberfläche geführt wird, wobei in vorgebbaren zeitlichen Abständen eine Registrierung der mit der Registriervorrichtung  
5 berührten Punkte der Oberfläche bzw. der jeweiligen Position des Abtastelementes erfasst wird. Auf das Registrierverfahren und die Weiterverarbeitung der registrierten Punkte wird noch weiter unten im Detail eingegangen.

Dass das Abtastelement eine räumliche Kontur aufweist, bedeutet insbesondere, dass  
10 das Abtastelement keine scharfe Spitze besitzt, sondern z. B. eine gekrümmte Kontur, mit der das Abtastelement in Kontakt mit der Oberfläche des zu registrierenden Objektes gebracht wird. Mit anderen Worten bildet das Abtastelement keine punktförmige Spitze aus, sondern besitzt eine gewisse Ausdehnung, um die Registriervorrichtung besser handhaben zu können und z. B. ein Eindringen der zu registrierenden Oberfläche  
15 und/oder Verletzungen eines Patienten während des Registriervorgangs zu vermeiden.

Denkbar ist, dass das Abtastelement eine sphärische oder elliptische Form aufweist oder allgemein rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Insbesondere ist das Abtastelement kugelförmig, in Form eines Kugelsegmentes (z. B. in Form einer Halbkugel) oder zylindrisch  
20 ausgebildet. Beispielsweise ist das Abtastelement in Form einer Kugel (oder eines Kugelsegmentes) mit einem Radius von mindestens 1 mm ausgeformt. Allerdings muss das Abtastelement selbstverständlich nicht rotationssymmetrisch ausgebildet sein, sondern kann eine im Prinzip beliebige Form aufweisen, wobei die Geometrie des Abtastelementes bekannt ist (d.h. analytisch und/oder numerisch definiert ist).

25 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Abtastelement mit einem Schaft der Registriervorrichtung verbunden, wobei ein mit dem Abtastelement verbundenes Endes des Schaftes einen Durchmesser aufweist, der kleiner ist als die maximale Ausdehnung (gemessen senkrecht zur Schaftachse) des Abtastelementes.

30 Möglich ist auch, dass die erfindungsgemäße Registriervorrichtung eine Markierungseinrichtung umfasst, über die die räumliche Position der Registriervorrichtung ermittelbar ist. Beispielsweise umfasst die Markierungseinrichtung mehrere Markierungselemente (z. B. in Form von Markierungskugeln), die beispielsweise an einem Schaft der Registriervor-

richtung angebracht sind. Die räumliche Position der Markierungskugeln kann z. B. von der Messkamera eines (z.B. klinischen) Navigationssystems bestimmt werden, so dass die Position (d.h. der Ort und die Orientierung) der Registriervorrichtung im Koordinatensystem des Navigationssystems ermittelbar ist. Da die Position des Abtastelementes (bzw. eines vorgegebenen Referenzpunktes des Abtastelementes) relativ zu der Markierungseinrichtung (zu den Markierungselementen) bekannt ist, ist es möglich, durch das Ermitteln der Position der Markierungselemente die räumliche Position des Abtastelementes zu bestimmen.

- 10 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Registrieren einer Oberfläche eines Objektes unter Verwendung einer wie oben beschriebenen Registriervorrichtung, mit den Schritten:
- a) Abtasten einer Mehrzahl von Punkten der Oberfläche des Objektes durch Inkontaktbringen des Abtastelementes der Registriervorrichtung mit der Oberfläche;
  - 15 b) Erfassen jeweils der räumlichen Position eines Referenzpunktes des Abtastelementes unter Ermittlung der jeweiligen Koordinaten des Referenzpunktes, wobei jeweils eine Position des Referenzpunktes einen Ausgangsabtastpunkt darstellt;
  - c) Bereitstellen eines Modells der Oberfläche des Objektes;
  - d) Anpassen der in Schritt b) bestimmten Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte an den Verlauf des Modells der Oberfläche des Objektes, wobei
  - 20 e) Schritt d) in Abhängigkeit von dem räumlichen Verlauf der Kontur des Abtastelementes erfolgt.

Da das Abtasten der sich im Raum erstreckenden Oberfläche über ein nicht punktförmiges Abtastelement erfolgt, ist nicht bekannt, welcher Oberflächenabschnitt (Oberflächenpunkt) des Abtastelementes an der Oberfläche anliegt, so dass bei der anfänglichen Registrierung nicht die Koordinaten der exakten Kontaktpunkte, an denen das Abtastelement an der Oberfläche anliegt, ermittelt werden, sondern jeweils die Koordinaten der Position eines Referenzpunktes des Abtastelementes, z.B. eines Mittelpunktes bei einer kugelförmigen Ausgestaltung des Abtastelementes. Die verschiedenen Positionen des Abtastelementes (d.h. seines Referenzpunktes), die dieses während des Registriervorganges (des Abtastens der Oberfläche) einnimmt, werden als „Ausgangsabtastpunkte“ bezeichnet.

Die Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte werden z.B., wie oben bereits erwähnt, mit Hilfe eines (insbesondere klinischen) Navigationssystems bestimmt, wobei die Registriervorrichtung eine z.B. wie oben beschrieben ausgebildete Markierungseinrichtung zur Positionsbestimmung aufweist.

5

Beispielsweise dient das Registrieren der Oberfläche des Objektes (z. B. in Form eines Operationsgebietes) dazu, die Verwendung eines Instrumentes während einer Operation vorzubereiten. Das Instrument weist z. B. ebenfalls eine Markierungsvorrichtung auf, mit deren Hilfe das klinische Navigationssystem die Position des Instrumentes erfassen kann. Um die Position des Instrumentes in eine Darstellung, z.B. eine CT- oder MRT-Aufnahme oder eine (numerische) räumlichen Rekonstruktion, des Operationsgebietes lagerichtig einblenden zu können, ist es erforderlich, eine Transformation zu bestimmen, mit der die Koordinaten des Instrumentes in das Koordinatensystem der Darstellung des Operationsgebietes transformiert werden können und zwar so, dass die transformierten Koordinaten an die Ausrichtung und den Ort der Darstellung des Operationsgebietes angepasst sind.

Für die hierfür notwendige Anpassung wird zunächst ein numerisches Modell (d.h. eine räumlichen Rekonstruktion) des Operationsgebietes und insbesondere der zu registrierenden Oberfläche bereitgestellt, wobei das Modell z.B. auf Basis von Aufnahmen (etwa die bereits erwähnten CT- oder MRT-Aufnahmen) erzeugt wird. Gemäß Schritt d) des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt dann eine Anpassung der Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte an den Verlauf des Modells der Oberfläche des Operationsgebietes, d.h. es wird eine Transformation bestimmt, mit der die Ausgangsabtastpunkte der modellierten Oberfläche angenähert werden, wobei durch Verändern der Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte korrigierte Punkte erzeugt werden, die möglichst gut dem Verlauf der modellierten Oberfläche folgen und insbesondere möglichst so liegen, dass eine basierend auf der Position der korrigierten Punkte jeweils erzeugte (virtuelle) Oberfläche des Abtastelementes dicht an der modellierten Oberfläche positioniert würde.

30

Das Anpassen gemäß Schritt d) des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt z.B. durch iteratives Annähern der Ausgangsabtastpunkte an die modellierte Oberfläche. Denkbar ist natürlich auch, dass umgekehrt die modellierte Oberfläche iterativ an die durch die Ausgangsabtastpunkte definierte Oberfläche angepasst wird. Das Anpassen wird z.B.

beendet, wenn die relative Lage der Ausgangsabtastpunkte zu der modellierten Oberfläche ein vorgebbares Kriterium, z.B. einen vorgebbaren Abstand, erfüllt. Beispiele hierfür werden weiter unten erläutert.

- 5 Mit dem Anpassvorgang wird somit eine Transformation generiert, die ein lagerichtiges Einblenden von Punkten, die z.B. die Lage eines Instrumentes repräsentieren, in eine Darstellung des Operationsgebietes ermöglicht. Selbstverständlich ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt. Es können viel-  
10 registriert werden.

Das Modell der Oberfläche des Objektes liegt insbesondere in einem (ersten) Koordinatensystem vor, das verschieden ist von dem (zweiten) Koordinatensystem, in dem die Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte bestimmt werden. Es ist daher denkbar, dass  
15 vor dem Anpassen gemäß Schritt d) des erfindungsgemäßen Verfahrens erst eine Transformation der Koordinaten des Modells der Oberfläche und/oder der Ausgangsabtastpunkte in ein gemeinsames Koordinatensystem erfolgt.

Beispielsweise wird das Modell der Oberfläche (bzw. Punkte des Modells der Oberfläche)  
20 aus dem ersten in das zweite Koordinatensystem, in dem die Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte ermittelt werden (z. B. das Weltkoordinatensystem eines klinischen Navigationssystems) transformiert. Anschließend erfolgt die Anpassung (Schritt d) des Verfahrens), mit der eine Abbildung bereitgestellt wird, über die Punkte (die z.B. wie erwähnt die Position eines Instrumentes repräsentieren) im zweiten Koordinatensystem auf  
25 korrigierte (lagerichtige) Punkte abgebildet werden können. Die korrigierten Punkte wiederum können in das erste Koordinatensystem der modellierten Oberfläche rücktransformiert werden, so dass z.B. während einer Operation die Position eines Instrumentes in das erste Koordinatensystem, d.h. in das Modell des Operationsgebietes (oder analog in eine anderen Darstellung des Operationsgebietes), lagerichtig eingeblendet werden  
30 kann.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Anpassen gemäß Schritt d) für jeden Ausgangsabtastpunkt ein Bestimmen eines nächstliegenden Punktes des Modells der Oberfläche. Beispielsweise wird hierzu jeweils aus-



gehend von den Ausgangsabtastpunkten ein Lot auf die modellierte Oberfläche erzeugt und der Schnittpunkt des Lotes mit der modellierten Oberfläche bestimmt.

5 Unter Verwendung der Positionen der Ausgangsabtastpunkte und der nächstliegenden Punkte des Modells der Oberfläche sowie des räumlichen Verlaufs der Kontur des Ab-  
tastelementes wird dann eine Abbildung bestimmt und durch Anwenden dieser Abbildung auf die Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte korrigierte Punkte erzeugt. Die Abbildung umfasst insbesondere eine Translation und/oder Rotation der Ausgangsabtastpunkte. Beispielsweise sind die Ausgangsabtastpunkte starr zueinander angeordnet, d. h. der  
10 Abstand der Ausgangsabtastpunkte zueinander wird durch die Abbildung nicht verändert.

Wie bereits angesprochen, kann das Modell der Oberfläche durch eine 3D-Rekonstruktion des Objektes erzeugt werden, wobei z. B. mittels eines Schwellwertverfahrens die Oberfläche der 3D-Rekonstruktion bestimmt wird. Denkbar ist hierbei, dass  
15 das Modell der Oberfläche durch eine Punktwolke, eine Polygondarstellung (z. B. in Form einer Triangulationsdarstellung) oder analytisch (in Form einer parametrisierten Kurve) repräsentiert ist. Das Ermitteln der Abbildung zum Erzeugen der korrigierten Punkte erfolgt z. B. analog zum Verfahren, das in der US 5,715,166 beschrieben ist, auf die insofern ausdrücklich Bezug genommen wird.

20

Nach dem Erzeugen der korrigierten Punkte wird beispielsweise in Abhängigkeit von dem räumlichen Verlauf der Kontur des Abtastelementes ein mittlerer Abstand zwischen den korrigierten Punkten und den nächstliegenden Punkten bestimmt. Das Erzeugen von korrigierten Punkten wird wiederholt, wenn der mittlere Abstand einen vorgebbaren  
25 Grenzwert übersteigt, wobei dann als Position der Ausgangsabtastpunkte die zuvor erzeugten korrigierten Punkte verwendet werden. Mit anderen Worten erfolgt eine schrittweise Annäherung der durch die Ausgangsabtastpunkte repräsentierte Oberfläche an die modellierte Oberfläche, wobei analog zum „Iterative Closest Point“ - (ICP)-Verfahren (Iteratives Nachbarpunkt - Verfahren) vorgegangen wird. Allerdings wird kein punktförmiges  
30 Abtastelement verwendet, sondern eines, das eine räumliche Kontur aufweist, die bei der Berechnung des mittleren Abstandes berücksichtigt wird. Denkbar ist natürlich auch, dass der mittlere Abstand bereits vor der Erzeugung der korrigierten Punkte, d.h. in Bezug auf die Ausgangsabtastpunkte, erfolgt und erst wenn der so ermittelte mittlere Abstand den Grenzwert überschreitet, die korrigierten Punkte überhaupt erzeugt werden.

Das Bestimmen des mittleren Abstandes umfasst beispielsweise ein Ermitteln einer Größe für jeden Ausgangsabtastpunkt (bzw. korrigierten Punkt), die von der Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (der der jeweiligen Position des Referenzpunktes des Abtastelementes entspricht) bzw. dem korrigierten Punkt und der Oberfläche des Abtastelementes entlang einer Geraden, die durch den Ausgangsabtastpunkt (oder den korrigierten Punkt) und den jeweils zugeordneten nächstliegenden Punkt verläuft, abhängt. Durch das Berücksichtigen der Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (oder den korrigierten Punkt) und der Oberfläche des Abtastelementes wird der Tatsache Rechnung getragen, dass das Abtastelement nicht punktförmig ausgestaltet ist.

Beispielsweise ist das Abtastelement rotationssymmetrisch ausgebildet, wobei die von der Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (bzw. dem korrigierten Punkt) und der Oberfläche des Abtastelementes abhängigen Größen jeweils in Abhängigkeit von einem Radius des Abtastelementes bestimmt werden. Denkbar ist z. B., dass die Größen jeweils durch das Quadrat des Abstandes zwischen einem Ausgangsabtastpunkt und dem zugeordneten nächstliegenden Punkt gebildet werden, wobei der Abstand jeweils um die Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt und der Oberfläche des Abtastelementes vermindert wird.

Der mittlere Abstand ergibt sich dann als Summe der Quadrate (L2-Norm). Beispielsweise ist das Abtastelement kugelförmig ausgebildet, wobei der Referenzpunkt des Abtastelementes z. B. der Mittelpunkt der Kugel ist, so dass die Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (bzw. dem korrigierten Punkt) und der Oberfläche des Abtastelementes, die der Berechnung des mittleren Abstandes zugrunde zu legen ist, jeweils um den Radius des Abtastelementes vermindert wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Überprüfung, ob zumindest einer der Ausgangsabtastpunkte bzw. der korrigierten Punkte auf einer Innenseite des Modells der Oberfläche des Objektes liegt, d. h. ob zumindest einer der korrigierten Punkte im Inneren z. B. einer 3D-Rekonstruktion des Objektes liegt. Falls dies der Fall sein sollte, werden die Koordinaten des betroffenen korrigierten Punktes verändert oder der betroffene korrigierte Punkt wird nicht berücksichtigt.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Durchführen eines wie oben beschriebenen Verfahrens mit

- 5 i. einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen jeweils der räumlichen Position eines Referenzpunktes des Abtastelementes unter Ermittlung der jeweiligen Koordinaten des Referenzpunktes, wobei jeweils eine Position des Referenzpunktes einen Ausgangs-  
abtastpunkt darstellt;
- ii. einer Bereitstellungseinrichtung zum Bereitstellen eines Modells der Oberfläche des  
Objektes unter Bereitstellung von Koordinaten von Punkten des Modells; und
- 10 iii. einer Anpassungseinrichtung zum Anpassen der durch die Erfassungseinrichtung bestimmten Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte an den Verlauf des Modells der  
Oberfläche des Objektes, wobei
- iv. die Anpassungseinrichtung ausgebildet ist, die Anpassung in Abhängigkeit von dem  
15 räumlichen Verlauf der Kontur des Abtastelementes vorzunehmen.

Die Erfassungseinrichtung beinhaltet beispielsweise ein klinisches Navigationssystem mit einer Messkamera, die Markierungselemente der Registriervorrichtung erfassen kann, wie oben bereits erläutert. Die Bereitstellungseinrichtung zum Bereitstellen eines Modells einer Oberfläche des Objektes (bzw. des gesamten Objektes) ist insbesondere eine Soft-  
20 ware oder eine programmierte Einrichtung, die eine 3D-Rekonstruktion eines Objektes oder eine sonstige Darstellung des Objektes erzeugt. Die Anpassungseinrichtung ist ebenfalls insbesondere in Form einer Software oder einer programmierten Einrichtung ausgebildet.

25 Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Seitenansicht einer Registriervorrichtung gemäß einem  
Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- 30 Figuren 2 und 3 perspektivische Ansichten der Registriervorrichtung aus  
Figur 1;
- Figur 4 eine Illustration zum erfindungsgemäßen Verfahren; und

Figuren 5 und 6 die Abhängigkeit des mittleren Abstandes zwischen Abtastpunkten und einer modellierten Oberfläche eines Objektes.

5 Die in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Registriervorrichtung 1 weist an einem Ende ein Abtastelement 11 auf, das eine Kontaktfläche 111 mit einer räumlichen Kontur aufweist, d.h. das Abtastelement 11 ist nicht punktförmig ausgebildet. Die Kontaktfläche 111 wird zum Registrieren eines Punktes einer Oberfläche in Kontakt mit der Oberfläche gebracht.

10

Wie insbesondere in der in Figur 1 enthaltenen Ausschnittsvergrößerung A des Abtastelementes 11 zu entnehmen ist, ist das Abtastelement 11 als Teil einer Oberfläche eines Teilabschnitts einer Kugel ausgebildet, so dass die Kontaktfläche 111 im Wesentlichen sphärisch ausgebildet ist.

15

Das Abtastelement 11 ist (insbesondere einstückig) mit einem Schaft 12 der Registriervorrichtung 1 verbunden. Der Schaft 12 weist einen sich verjüngenden vorderen Abschnitt 121 auf, der über eine Krümmung 122 mit einem sich im Wesentlichen gerade erstreckenden hinteren Abschnitt 123 verbunden ist. Das vordere Ende 121 des Schaftes 12 verjüngt sich auf eine solche Weise, dass der Durchmesser seines mit dem Abtastelement 11 verbundenen Endes 1211 kleiner ist als die maximale Ausdehnung des Abtastelementes 11 senkrecht zur Achse des vorderen Schaftabschnittes 121. Mit anderen Worten ist der Radius  $R_x$  des Abtastelementes 11 größer als der Radius des Endes 1211 des vorderen Schaftabschnittes 121.

25

Die erfindungsgemäße Registriervorrichtung 1 weist des Weiteren eine Markierungseinrichtung in Form zweier mit dem hinteren Schaftabschnitt 123 verbundener Markierungskugeln 21, 22 auf. Unter Verwendung eines (z.B. klinischen) Navigationssystems (nicht dargestellt) kann mit Hilfe der Markierungskugeln 21, 22 die räumliche Lage der Registriervorrichtung 1 bestimmt werden. Insbesondere kann über die Markierungskugeln 21, 22, da das Abtastelement 11 in einer festen räumlichen Beziehung zu ihnen steht, die räumliche Position des Abtastelementes 11 bzw. eines Referenzpunktes (z. B. der Mittelpunkt) des Abtastelementes 11 bestimmt werden. Beim Abtasten (Registrieren) der Oberfläche kann somit jeweils die Position des Referenzpunktes des Abtastelementes

30

bestimmt werden, wobei die Koordinaten des Referenzpunktes für unterschiedliche Ab-  
tastpositionen (d.h. unterschiedliche Positionen der Registriervorrichtung 1) ermittelt und  
gespeichert werden. Es wird somit eine Punktemenge aus den jeweiligen Positionen des  
Referenzpunktes (im Folgenden auch als „Ausgangsabtastpunkt“ bezeichnet) erzeugt,  
5 die dem Verlauf der zu registrierenden Oberfläche folgt.

Die über die Registriervorrichtung erfasste (tatsächliche) Oberfläche des Objektes kann  
zum Beispiel an ein Modell der Oberfläche (d.h. an eine „virtuelle Oberfläche“) angepasst  
werden, so dass etwa die Position eines Instrumentes, die z.B. ebenfalls über das klini-  
10 sche Navigationssystem bestimmbar ist, lagerichtig in ein 3D-Modell in der Oberfläche  
bzw. des gesamten Objektes eingeblendet werden kann. Die Anpassung der Ausgangs-  
abtastpunkte an die virtuelle Oberfläche berücksichtigt die räumliche Ausdehnung des  
Abtastelementes.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Registrieren einer Oberfläche wird nachfolgend  
anhand der Fig. 4 erläutert. Eine Mehrzahl von Punkten der zu registrierenden (tatsächli-  
chen) Oberfläche wird durch Inkontaktbringen des Abtastelementes 11 der Registriervor-  
richtung 1 mit der Oberfläche abgetastet, wobei jeweils die räumliche Position eines Refe-  
renzpunktes in Form des Mittelpunktes des Abtastelementes 11 erfasst werden.

20 Darüber hinaus wird ein Modell O der Oberfläche bereitgestellt, wobei die modellierte  
Oberfläche O zum Beispiel eine Oberfläche einer 3D-Rekonstruktion des zu untersu-  
chenden Objektes ist. Beim Abtasten der Oberfläche mit Hilfe der erfindungsgemäßen  
Registriervorrichtung wird das Abtastelement 11 an verschiedene Positionen bewegt, von  
25 denen zwei (die Positionen P1 und P2) in Figur 4 dargestellt sind. Für jede Position des  
Abtastelements 11 wird die Position M1, M2 des Mittelpunktes des Abtastelementes 11  
aufgezeichnet. Die Positionen des Mittelpunktes bilden eine Menge von Punkten (Aus-  
gangsabtastpunkte), wobei sich gemäß Figur 4 die modellierte Oberfläche O und die  
Ausgangsabtastpunkte M1, M2 in einem gemeinsamen Koordinatensystem, insbesonde-  
30 re in dem Koordinatensystem (Weltkoordinatensystem) eines klinischen Navigationssys-  
tems, befinden.

Beispielsweise wurde der Verlauf der modellierten Oberfläche O zunächst in einem von  
dem Koordinatensystem der Ausgangsabtastpunkte verschiedenen Koordinatensystem

bereitgestellt und die modellierte Oberfläche dann in das Koordinatensystem, in dem die Ausgangsabtastpunkte M1, M2 vorliegen, transformiert. Nach der Transformation der modellierten Oberfläche O in das Koordinatensystem der Ausgangsabtastpunkte M1, M2 weisen diese einen Abstand zu der modellierten Oberfläche O auf, wobei die modellierte Oberfläche O relativ zu einer durch die Ausgangsabtastpunkte gebildeten Oberfläche verdreht und/oder verschoben ist. Um später die Position eines Instrumentes im Koordinatensystem der Ausgangsabtastpunkte M1, M2 lagerichtig in eine 3D-Rekonstruktion, zu der die modellierte Oberfläche O gehört, einblenden zu können, ist es notwendig, den Verlauf der durch die Ausgangsabtastpunkte gebildeten Oberfläche an den Verlauf der modellierten Oberfläche O anzupassen, d.h. insbesondere eine Abbildung zu finden, die die durch die Ausgangsabtastpunkte M1, M2 gebildeten Oberfläche möglichst parallel und nah an die modellierte Oberfläche O heranbringt.

Dieses Anpassen der Ausgangsabtastpunkte an den Verlauf der modellierten Oberfläche O erfolgt dadurch, dass zunächst von den Ausgangsabtastpunkten M1, M2 jeweils ein diesen Ausgangsabtastpunkten nächstliegender Punkt O1, O2 der Oberfläche O ermittelt wird. Die Ermittlung der Punkte O1, O2 erfolgt zum Beispiel dadurch, dass ausgehend von den Ausgangsabtastpunkten M1, M2 jeweils ein Lot auf die Oberfläche O gefällt und der Schnittpunkt S1, S2 des Lotes mit der Oberfläche O bestimmt wird. Denkbar ist auch, dass zu jedem Ausgangsabtastpunkt M1, M2 Abstände zu mehreren Punkten der Oberfläche O ermittelt und dann jeweils der kleinste dieser Abstände bestimmt wird.

Abhängig von den jeweiligen Abständen zwischen den Ausgangsabtastpunkten M1, M2 und den nächstliegenden Punkten O1, O2 wird ein „mittlerer Abstand“ zwischen der durch die Ausgangsabtastpunkte definierten Oberfläche und der modellierten Oberfläche O generiert und mit einem Grenzwert verglichen. Ist der mittlere Abstand größer als der Grenzwert, wird eine Abbildung (Transformation) unter Verwendung der Positionen der Ausgangsabtastpunkten M1, M2 und der nächstliegenden Punkte O1, O2 gebildet, wobei mittels der Abbildung die Position der Ausgangsabtastpunkte M1, M2 verändert (an die Oberfläche O angenähert) wird. Insbesondere erfolgt eine Translation und/oder Rotation der Menge der Ausgangsabtastpunkte, wobei z.B. der Ausgangsabtastpunkt M2 in einen korrigierten Punkt M2' überführt wird. Anschließend wird erneut der mittlere Abstand bestimmt, wobei anstelle der Ausgangsabtastpunkte die korrigierten Punkte verwendet

werden. Dieses Verfahren wird wiederholt, bis der mittlere Abstand einen vorgebbaren Grenzwert unterschreitet.

Die mittlere Abstand wird insbesondere als Quadratsumme  $Q$  der Abstände zwischen den Schnittpunkten  $S_1$ ,  $S_2$  und den nächstliegenden Punkten  $O_1$ ,  $O_2$  ermittelt, d.h. es werden jeweils die Abstände der Ausgangsabtastpunkte  $M_1$ ,  $M_2$  zu den nächstliegenden Punkten  $O_1$ ,  $O_2$  ermittelt und um die Ausdehnung des Abtastelementes 11 entlang der Strecke  $M_1O_1$ ,  $M_2O_2$  vermindert. Die Ausdehnung des Abtastelementes 11 entlang der Strecke  $M_1O_1$ ,  $M_2O_2$  ergibt sich jeweils als Länge der Strecken  $M_1S_1$ ,  $M_2S_2$ , d.h. bei einem kugelförmigen Abtastelement als Radius des Abtastelementes.

Das Anpassen der Oberflächen erfolgt somit durch Minimieren der Quadratsumme  $Q$ , wobei es möglich ist, dass für die Quadratsumme  $Q$  mehrere Minima existieren, d.h. verschiedene Anordnungen der Ausgangsabtastpunkte bzw. der korrigierten Punkte existieren, die zu einer Quadratsumme  $Q$  führen, die den vorgegebenen Grenzwert unterschreiten. Ein Minimum der Quadratsumme  $Q$  kann auch dadurch entstehen, dass einige der Ausgangsabtastpunkte bzw. der korrigierten Punkte im Inneren der 3D-Rekonstruktion des Objektes liegen. Um derartige Lösungen auszuschließen, wird ein heuristisches Verfahren angewandt, mit dem derartige Punkte nicht berücksichtigt oder deren korrigierte Position verändert wird.

In Figur 5 ist die Quadratsumme für unterschiedliche Positionen  $x$  der korrigierten Punkte  $M_2'$ ,  $M_2''$ . Die Quadratsumme  $Q$  nimmt danach sowohl bei der in Fig. 4 gestrichelt dargestellten Position  $T_2$  des korrigierten Punktes  $M_2'$  als auch bei der ebenfalls gestrichelt dargestellten Position  $T_2'$  des korrigierten Punktes  $M_2''$  ein Minimum an. Die Position  $T_2'$  entspricht jedoch einer Lage des korrigierten Punktes  $M_2'$  auf einer Innenseite der modellierten Oberfläche  $O$  (innerhalb der 3D-Rekonstruktion des Objektes). Diese Lösung wird daher verworfen und der korrigierte Punkt  $M_2'$  in den korrigierten Punkt  $M_2''$  an der Position  $T_2'$  überführt, der ebenfalls zu einem Minimum der Quadratsumme  $Q$  führt (Figur 6).

Es wird darauf hingewiesen, dass das anhand der Figuren 4-6 erläuterte Verfahren natürlich auch mit einer anders als in Figur 1 gezeigt ausgestalteten Registriervorrichtung durchgeführt werden kann. Insbesondere kann eine Registriervorrichtung benutzt wer-

- den, die zwar ebenfalls ein Abtastelement mit einer nicht punktförmigen Gestalt aufweist, das Abtastelement jedoch nicht kugelförmig ausgeformt ist (sondern zum Beispiel eine auf andere Weise gekrümmte Kontaktfläche aufweist). Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren in beliebig dimensional Räumen durchgeführt werden, z.B.
- 5 kann es sich bei dem Koordinatensystem, in dem sich die zu registrierende Oberfläche befindet, auch um ein zweidimensionales Koordinatensystem handeln. Denkbar sind jedoch auch höherdimensionale Koordinatensysteme.

\* \* \* \* \*



**Bezugszeichenliste**

1	Registriervorrichtung
11	Abtastelement
12	Schaft
21, 22	Markierungskugel
111	Kontaktfläche
121	vorderer Schaftabschnitt
122	Krümmung
123	hinterer Schaftabschnitt
1211	vorderes Ende
O	modellierte Oberfläche
O1, O2	nächstliegender Punkt
M1, M2	Ausgangsabtastpunkt
M2', M2''	korrigierter Punkt
S1, S2	Schnittpunkt
P1, P2	Position Abtastelement
T2, T2'	Position korrigierter Punkt

## Patentansprüche

1. Registriervorrichtung zum Registrieren von Punkten einer Oberfläche eines Objektes, mit  
5 a) einem Abtastelement (11), das zum Registrieren eines Punktes der Oberfläche in Kontakt mit der Oberfläche zu bringen ist, wobei  
b) das Abtastelement (11) eine der zu registrierenden Oberfläche zuzuwendende räumliche Kontur (111) aufweist.
- 10 2. Registriervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die räumliche Kontur (111) eine Krümmung aufweist.
3. Registriervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtastelement (11) rotationssymmetrisch ausgebildet ist.  
15
4. Registriervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtastelement (11) eine sphärische oder elliptische Form aufweist.
- 20 5. Registriervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtastelement (11) mit einem Schaftabschnitt (121) der Registriervorrichtung (1) verbunden ist, wobei ein mit dem Abtastelement (11) verbundenes Ende (1211) des Schaftabschnittes (121) einen Durchmesser aufweist, der kleiner ist als die maximale Ausdehnung des Abtastelementes (11) gemessen senkrecht zur  
25 Achse des Schaftabschnittes (121).
6. Registriervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Markierungseinrichtung (21, 22), über die die räumliche Position der Registriervorrichtung (1) ermittelbar ist.  
30
7. Verfahren zum Registrieren einer Oberfläche eines Objektes unter Verwendung einer Registriervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den Schritten:
  - a) Abtasten einer Mehrzahl von Punkten der Oberfläche durch Inkontaktbringen des Abtastelementes (11) der Registriervorrichtung (1) mit der Oberfläche;

- b) Erfassen jeweils der räumlichen Position eines Referenzpunktes des Abtastelementes unter Ermittlung der jeweiligen Koordinaten des Referenzpunktes, wobei jeweils eine Position des Referenzpunktes einen Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) darstellt;
- 5 c) Bereitstellen eines Modells (O) der Oberfläche des Objektes;
- d) Anpassen der in Schritt b) bestimmten Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) an den Verlauf des Modells (O) der Oberfläche des Objektes, wobei
- e) Schritt d) in Abhängigkeit von dem räumlichen Verlauf der Kontur (111) des Abtastelementes (11) erfolgt.
- 10
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schritt d) umfasst:
- Transformieren der Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) und/oder des Modells (O) der Oberfläche des Objektes in ein gemeinsames Koordinatensystem; und
- 15 - für jeden gemäß Schritt b) erfassten Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) Bestimmen eines nächstliegenden Punktes (O1, O2) des Modells (O) der Oberfläche in dem gemeinsamen Koordinatensystem;
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Erzeugen der korrigierten Punkte (M2', M2'') in Abhängigkeit von dem räumlichen Verlauf der Kontur (111) des Abtastelementes (11) ein mittlerer Abstand zwischen den Ausgangsabtastpunkten (M1, M2) und den nächstliegenden Punkten (O1, O2) bestimmt wird, und wenn der mittlere Abstand einen vorgebbaren Grenzwert übersteigt:
- 20
- i. Bestimmen einer Abbildung in Abhängigkeit von den Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) und der nächstliegenden Punkte (O1, O2) des Modells (O) der Oberfläche zum Erzeugen von korrigierten Punkten (M2', M2''); und
- 25
- ii. Erzeugen von korrigierten Punkten (M2', M2'') durch Abbilden der Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) unter Verwendung der in Schritt i) bestimmten Abbildung.
- 30
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die korrigierten Punkte (M2', M2'') die Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) ersetzen, ein mittlerer Abstand zwischen den korrigierten Punkten (M1, M2) und den zu ihnen nächstliegenden Punkten bestimmt wird und, wenn der mittlere Abstand den vorgebbaren Grenzwert übersteigt, die Schritte i) und ii) wiederholt werden.
- 35

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bestimmen des mittleren Abstandes ein Ermitteln einer Größe für jeden Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) oder jeden korrigierten Punkt (M2', M2'') umfasst, die von der Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) oder dem korrigierten Punkt (M2', M2'') und der Kontur (111) des Abtastelementes (11) entlang einer Geraden, die durch den Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) oder den korrigierten Punkt (M2', M2'') und den jeweils zugeordneten nächstliegenden Punkt (O1, O2) verläuft, abhängt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtastelement (11) rotationssymmetrisch ausgebildet ist, so dass die von der Länge der Strecke zwischen den Ausgangsabtastpunkten (M1, M2) oder den korrigierten Punkten (M2', M2'') und der Kontur (111) des Abtastelementes (11) abhängigen Größen in Abhängigkeit von einem Radius (Rx) des Abtastelementes (11) bestimmt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der Länge der Strecke zwischen den Ausgangsabtastpunkten (M1, M2) oder den korrigierten Punkten (M2', M2'') und der Kontur (111) des Abtastelementes (11) abhängigen Größen jeweils durch das Quadrat des Abstandes zwischen einem Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) oder einem korrigierte Punkte (M2', M2'') und dem zugeordneten nächstliegenden Punkt (O1, O2) gebildet werden, wobei der Abstand jeweils um die Länge der Strecke zwischen dem Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) oder dem korrigierten Punkt (M2', M2'') und der Kontur (111) des Abtastelementes (11) vermindert werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Überprüfung erfolgt, ob zumindest einer der Ausgangsabtastpunkten (M1, M2) oder der korrigierten Punkte (M2', M2'') auf einer Innenseite des Modells (O) der Oberfläche des Objektes liegt und falls dies der Fall sein sollte, die Koordinaten des Ausgangsabtastpunkts (M1, M2) oder des korrigierten Punkts (M2', M2'') verändert werden oder der betroffene Ausgangsabtastpunkts (M1, M2) oder der betroffene korrigierte Punkt (M2', M2'') nicht berücksichtigt wird.
15. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens gemäß einem Ansprüche 7 bis 14, mit

- a) einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen jeweils der räumlichen Position eines Referenzpunktes des Abtastelementes (11) unter Ermittlung der jeweiligen Koordinaten des Referenzpunktes, wobei jeweils eine Position des Referenzpunktes einen Ausgangsabtastpunkt (M1, M2) darstellt;
- 5 b) einer Bereitstellungseinrichtung zum Bereitstellen eines Modells (O) der Oberfläche des Objektes unter Bereitstellung von Koordinaten von Punkten des Modells; und
- c) einer Anpassungseinrichtung zum Anpassen der durch die Erfassungseinrichtung bestimmten Koordinaten der Ausgangsabtastpunkte (M1, M2) an den Verlauf des Modells (O) der Oberfläche des Objektes, wobei
- 10 d) die Anpassungseinrichtung ausgebildet ist, die Anpassung in Abhängigkeit von dem räumlichen Verlauf der Kontur (111) des Abtastelementes (11) vorzunehmen.

FIG 1

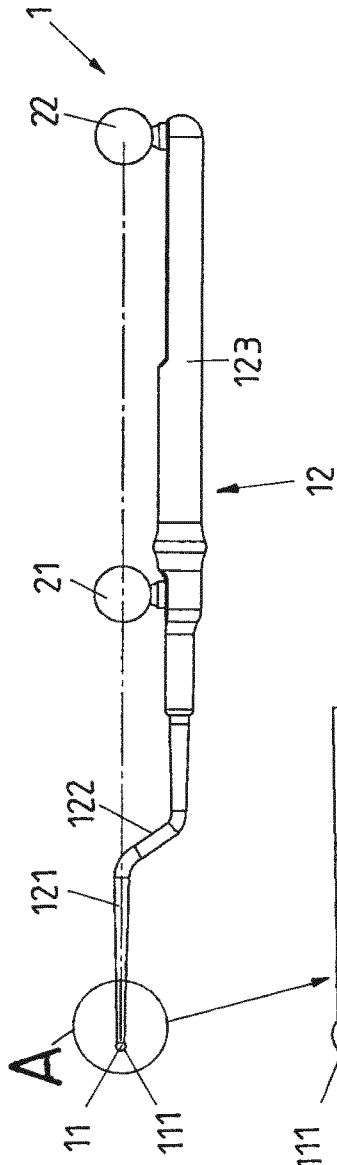


FIG 3

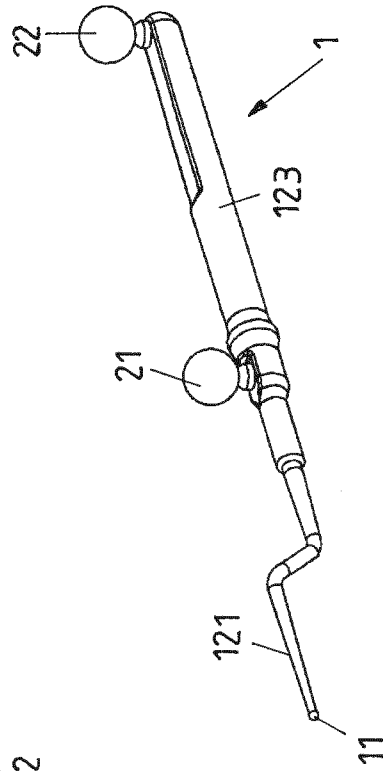


FIG 2

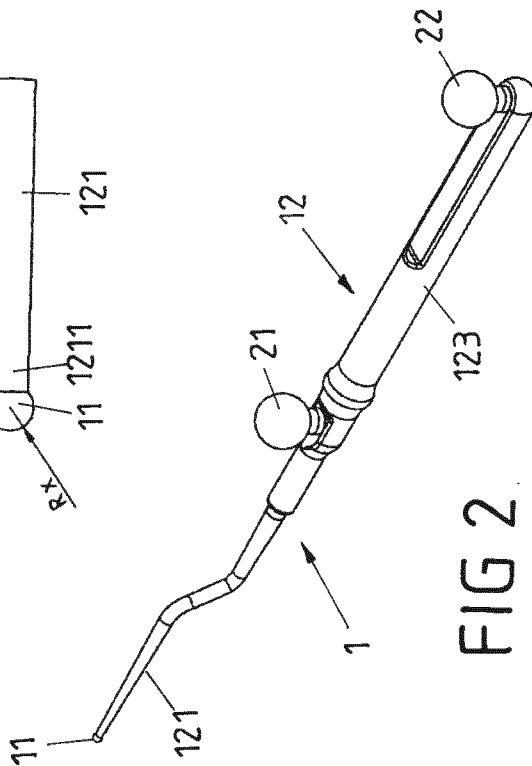


FIG 4

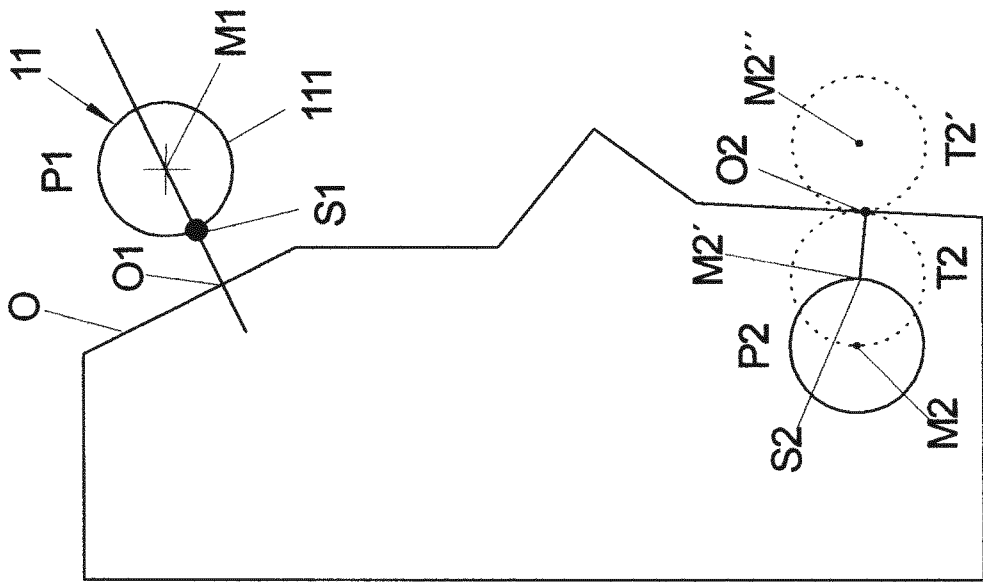


FIG 5

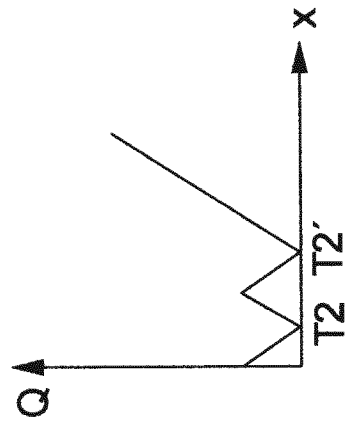
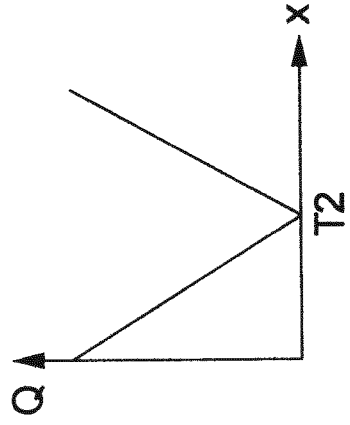


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/058671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01B11/00 A61B19/00  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
A61B G01B  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/185498 A2 (LAVALLEE STEPHANE [FR]) 9 August 2007 (2007-08-09)	1-6
Y	figures 2A, 2B paragraphs [0005], [0006], [0045], [0053], [0071], [0073] - [0075]	7-15
X	EP 1 815 814 A2 (ZIEHM IMAGING GMBH [DE]) 8 August 2007 (2007-08-08) figures 2,3 paragraphs [0010], [0013]	1-6
X	EP 1 872 737 A2 (DEPUY PRODUCTS INC [US]) 2 January 2008 (2008-01-02) abstract figure 7 paragraphs [0003], [0023]	1-4,6
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  14 September 2012	Date of mailing of the international search report  25/09/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Erbel, Stephan



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/058671

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 498 688 A1 (AXIOS 3D SERVICES GMBH [DE]) 19 January 2005 (2005-01-19) figures 2A,2B,2C paragraph [0014] -----	1-6
Y	David A Simon: "What is "Registration" and Why is it so Important in CAOS?", Proceedings of the First Joint CVRMed / MRCAS Conference, 15 January 1997 (1997-01-15), pages 57-60, XP55038033, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub1/simon_david_1997_1/simon_david_1997_1.pdf">http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub1/simon_david_1997_1/simon_david_1997_1.pdf</a> [retrieved on 2012-09-12] figure 2 page 1, paragraph 1 page 3, paragraph 2 REFERENCES: Citation [4] Simon, D.A., et al. Techniques for fast and accurate intra-surgical registration. Journal of Image Guided Surgery, 1(1):17 29, April 1995. -----	7-15
Y	David A. Simon: "Techniques for Fast and Accurate Intra-Surgical Registration", The Journal of Image Guided Surgery , vol. 1, no. 1 30 April 1995 (1995-04-30), XP55037979, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/simon_david_1995_1/simon_david_1995_1.pdf">http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/simon_david_1995_1/simon_david_1995_1.pdf</a> [retrieved on 2012-09-12] abstract "establishment of a common reference frame between pre-surgical volumetric data and the corresponding patient anatomy"; page 1, paragraph 1 2.1 Surface-Based Registration figures 2,3,6 Formel (1); page 3 -----	7-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/058671

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2007185498	A2	09-08-2007	AT 456938 T	15-02-2010
			EP 1341468 A1	10-09-2003
			FR 2816200 A1	10-05-2002
			JP 4182757 B2	19-11-2008
			JP 2004512136 A	22-04-2004
			US 2005101966 A1	12-05-2005
			US 2012165706 A1	28-06-2012
			WO 0236031 A1	10-05-2002
-----				
EP 1815814	A2	08-08-2007	DE 102006004793 A1	16-08-2007
			EP 1815814 A2	08-08-2007
			US 2007232897 A1	04-10-2007
-----				
EP 1872737	A2	02-01-2008	AT 530138 T	15-11-2011
			EP 1872737 A2	02-01-2008
			US 2008004516 A1	03-01-2008
			US 2011098577 A1	28-04-2011
-----				
EP 1498688	A1	19-01-2005	AT 305130 T	15-10-2005
			EP 1498688 A1	19-01-2005
			ES 2246447 T3	16-02-2006
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01B11/00 A61B19/00  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 A61B G01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/185498 A2 (LAVALLEE STEPHANE [FR]) 9. August 2007 (2007-08-09)	1-6
Y	Abbildungen 2A, 2B Absätze [0005], [0006], [0045], [0053], [0071], [0073] - [0075]	7-15
X	EP 1 815 814 A2 (ZIEHM IMAGING GMBH [DE]) 8. August 2007 (2007-08-08) Abbildungen 2,3 Absätze [0010], [0013]	1-6
X	EP 1 872 737 A2 (DEPUY PRODUCTS INC [US]) 2. Januar 2008 (2008-01-02) Zusammenfassung Abbildung 7 Absätze [0003], [0023]	1-4,6
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. September 2012	25/09/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Erbel, Stephan
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 498 688 A1 (AXIOS 3D SERVICES GMBH [DE]) 19. Januar 2005 (2005-01-19) Abbildungen 2A,2B,2C Absatz [0014] -----	1-6
Y	David A Simon: "What is "Registration" and Why is it so Important in CAOS?", Proceedings of the First Joint CVRMed / MRCAS Conference, 15. Januar 1997 (1997-01-15), Seiten 57-60, XP55038033, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub1/simon_david_1997_1/simon_david_1997_1.pdf">http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub1/simon_david_1997_1/simon_david_1997_1.pdf</a> [gefunden am 2012-09-12] Abbildung 2 Seite 1, Absatz 1 Seite 3, Absatz 2 REFERENCES: Citation [4] Simon, D.A., et al. Techniques for fast and accurate intra-surgical registration. Journal of Image Guided Surgery, 1(1):17-29, April 1995. -----	7-15
Y	David A. Simon: "Techniques for Fast and Accurate Intra-Surgical Registration", The Journal of Image Guided Surgery Bd. 1, Nr. 1 30. April 1995 (1995-04-30), XP55037979, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/simon_david_1995_1/simon_david_1995_1.pdf">http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/simon_david_1995_1/simon_david_1995_1.pdf</a> [gefunden am 2012-09-12] Zusammenfassung "establishment of a common reference frame between pre-surgical volumetric data and the corresponding patient anatomy"; Seite 1, Absatz 1 2.1 Surface-Based Registration Abbildungen 2,3,6 Formel (1); Seite 3 -----	7-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/058671

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007185498	A2	09-08-2007	AT 456938 T 15-02-2010
			EP 1341468 A1 10-09-2003
			FR 2816200 A1 10-05-2002
			JP 4182757 B2 19-11-2008
			JP 2004512136 A 22-04-2004
			US 2005101966 A1 12-05-2005
			US 2012165706 A1 28-06-2012
			WO 0236031 A1 10-05-2002
-----			
EP 1815814	A2	08-08-2007	DE 102006004793 A1 16-08-2007
			EP 1815814 A2 08-08-2007
			US 2007232897 A1 04-10-2007
-----			
EP 1872737	A2	02-01-2008	AT 530138 T 15-11-2011
			EP 1872737 A2 02-01-2008
			US 2008004516 A1 03-01-2008
			US 2011098577 A1 28-04-2011
-----			
EP 1498688	A1	19-01-2005	AT 305130 T 15-10-2005
			EP 1498688 A1 19-01-2005
			ES 2246447 T3 16-02-2006
-----			