

(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  
06. Mai 2021 (06.05.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2021/083610 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01R 33/565 (2006.01) G01R 33/54 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/077687

(22) Internationales Anmeldedatum:  
02. Oktober 2020 (02.10.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 129 541.6  
31. Oktober 2019 (31.10.2019) DE

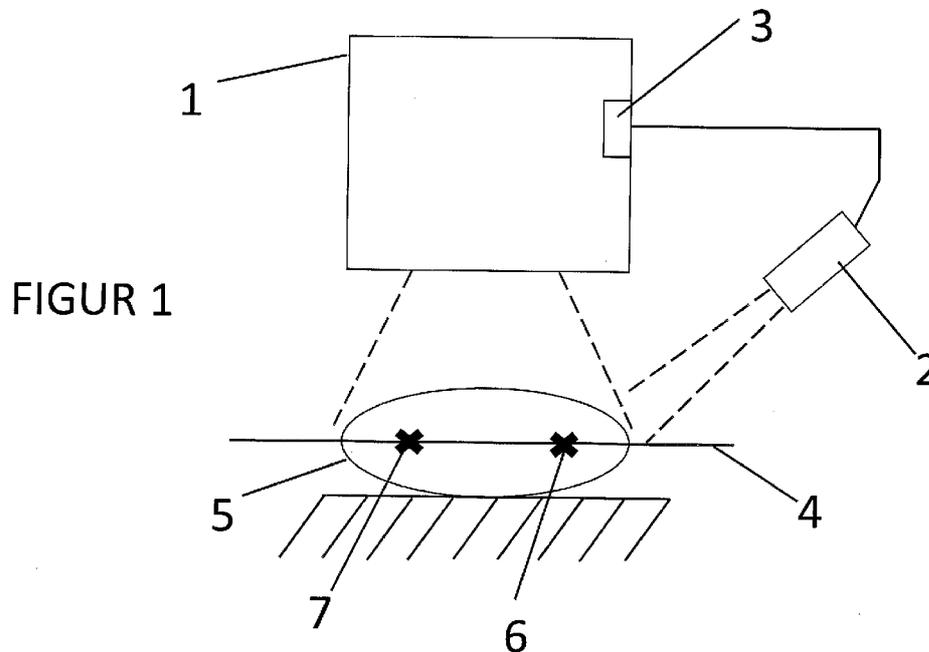
(71) Anmelder: OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG [DE/DE]; Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg (DE).

(72) Erfinder: POECK, Janis; Curiestraße 21, 39124 Magdeburg (DE). SPECK, Oliver; An der Elbe 11a, 39104 Magdeburg (DE). PANNICKE, Enrico; Herwigstraße 4, 39114 Magdeburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN IMAGING EXAMINATION DEVICE WHILE TAKING INTO CONSIDERATION A DISTORTED GRADIENT FIELD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES BILDGEBENDEN UNTERSUCHUNGSGERÄTS MIT BERÜCKSICHTIGUNG EINES VERZERRTEN GRADIENTENFELDS



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an imaging examination device (1), wherein signals are received from an object (5) to be examined and are identified and displayed in layers in the form of sectional images and/or three-dimensional images of the object (5), having the following steps: • a) ascertaining a desired imaging layer (4) of the object (5) to be examined, • b) determining the coordinates of a desired target point (6) in the desired imaging layer (4), • c) determining the coordinates of a corrected target point (6') while taking into consideration a distorted gradient field of the examination device (1) such that the examination device detects an imaging layer on which the desired target point (6) lies on the basis of the distorted gradient field while using the corrected target point



WO 2021/083610 A1

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

(6') instead of the desired target point (6), and • d) detecting an imaging layer (4) by means of the examination device (1) using the corrected target point (6') and visualizing an image obtained therefrom.

**(57) Zusammenfassung:** Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden Untersuchungsgeräts (1), bei dem Signale von einem zu untersuchenden Objekt (5) aufgenommen und schichtweise in Form von Schnittbildern und/oder dreidimensionalen Bildern des Objekts (5) bestimmt und dargestellt werden, mit folgenden Schritten: • a) Festlegen einer gewünschten Bildgebungsschicht (4) des zu untersuchenden Objekts (5), • b) Bestimmen der Koordinaten eines gewünschten Zielpunkts (6) in der gewünschten Bildgebungsschicht (4), • c) Bestimmen der Koordinaten eines korrigierten Zielpunkts (6') unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts (1) derart, dass bei Verwendung des korrigierten Zielpunkts (6') statt des gewünschten Zielpunkts (6) das Untersuchungsgerät aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Zielpunkt (6) liegt, • d) Erfassen einer Bildgebungsschicht (4) mittels des Untersuchungsgeräts (1) unter Verwendung des korrigierten Zielpunkts (6') und Visualisierung eines hieraus gewonnenen Bildes.

**VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES BILDGEBENDEN UNTERSUCHUNGSGERÄTS MIT  
BERÜCKSICHTIGUNG EINES VERZERRTEN GRADIENTENFELDS**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden Untersuchungs-  
5 geräts, bei dem Signale von einem zu untersuchenden Objekt aufgenommen und  
schichtweise in Form von Schnittbildern des Objekts bestimmt und dargestellt wer-  
den. Die Erfindung betrifft außerdem ein Computerprogramm zur Ausführung eines  
solchen Verfahrens sowie ein Untersuchungsgerät zur schichtweisen Untersuchung  
eines Objekts. Das Objekt kann z.B. ein Lebewesen sein, z.B. ein Mensch oder ein  
10 Tier.

Allgemein betrifft die Erfindung das Gebiet der schichtweisen bildgebenden Untersu-  
chung von Objekten, z. B. durch Computertomographie (CT), Magnetresonanztomo-  
graphie (MRT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET), Einzelphotonen-Emissi-  
15 ons-Computertomographie (SPECT), optische Kohärenztomographie (OCT) und  
elektrische Impedanztomographie (EIT). Bei jedem dieser Verfahren kann es zu geo-  
metrischen Verzerrungen bei der Aufnahme der Bilder kommen, da die Bildrekon-  
struktion in der Regel von einer fehlerfreien geometrischen Abbildung ausgeht, z.B.  
beim MRT von einem linearen Bildkodiergradienten. Bei verschiedenen dieser zuvor  
20 genannten Untersuchungsverfahren werden beispielsweise Signale in das zu unter-  
suchende Objekt eingespeist und entsprechende Reaktionssignale, beispielsweise  
veränderte Kernspin-Eigenschaften, aufgenommen. Ohne Beschränkung der Allge-  
meinheit sei die zugrundeliegende Problematik nachfolgend anhand des Beispiels  
der Magnetresonanztomografie erläutert.

25

In der Magnetresonanztomographie (MRT) wird die Ortsauflösung der Bilder mit Hilfe  
von näherungsweise linearen magnetischen Feldgradienten erreicht. Die Bildrekon-  
struktion geht ebenfalls von idealisierten linearen Bildkodiergradienten aus. Diese Li-  
nearität wird jedoch aufgrund der begrenzten Ausdehnung der Feld-erzeugenden  
30 Spulen nur in einem kleinen Bereich um das Magnetzentrum erreicht. Je weiter der  
Abbildungsbereich vom Zentrum entfernt ist, desto größer werden geometrische Ver-  
zerrungen in der Abbildung, da die Gradientenfelder von einem idealisierten linearen

Verlauf abweichen. Zur Korrektur dieser Verzerrungen werden die Abweichungen gemessen und ein Korrekturalgorithmus verwendet, der die Bildpunkte nach der Rekonstruktion entsprechend der Abweichungen verschiebt. Dieses Verfahren kann optional auch zur Ergänzung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt werden. Dies  
5 erfordert eine Interpolation der gemessenen Daten.

Dabei geht es hauptsächlich darum, die fehlerhafte Kodierung innerhalb der Messschicht zu korrigieren, also die geometrische Abbildungstreue der Bilder zu verbessern. In 2-dimensionalen Aufnahmen kann eine Verzerrung der Schichtebenen selbst  
10 nur korrigiert werden, wenn entsprechende Nachbarschichten aufgenommen wurden. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn diese Nachbarschichten lückenlos, also ohne Abstand, aufgenommen werden. Eine Einschränkung besteht darin, dass die Schichtdicke in der Regel größer ist als die Auflösung in der Schicht ist. Bei einer 2-dimensionalen Bildgebung wird daher nur eine 2-dimensionale Korrekturrechnung innerhalb  
15 der Schichtebene durchgeführt und die Abweichungen aus der Schicht heraus werden vernachlässigt. Dies hat zur Folge, dass die aufgenommenen Bilder nicht an der eingestellten Schichtposition lokalisiert bzw. gekippt sein können und nicht den gewünschten Bereich zeigen. Zudem können sie von der gewünschten ebenen Form abweichen, d.h. „gebogen“ sein. Dies ist z.B. in der interventionellen MRT ein Problem,  
20 die schnelle 2-D Sequenzen mit einzelnen Schichten verwenden, um z. B. eine Ablationsnadel bildgeführt zu einem Tumor zu bringen. Liegen diese Bildschichten falsch, so werden die Ablationsnadel bzw. Risikostrukturen nicht mehr wie gewünscht dargestellt. Daher werden Interventionen zumeist nahe der Mitte des MRT-FoV durchgeführt, wo geometrische Verzerrungen gering sind. Hierdurch kann jedoch der Abstand vom Arzt (außerhalb vom MRT) zur Zielstruktur (nahe Zentrum)  
25 sehr groß sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die zuvor erläuterte Problematik zu lösen.

30 Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangsgenannten Art mit folgenden Schritten gelöst:

- a) Festlegen einer gewünschten Bildgebungsschicht des zu untersuchenden Objekts,

- b) Bestimmen der Koordinaten eines gewünschten Zielpunkts in der gewünschten Bildgebungsschicht,
- c) Bestimmen der Koordinaten eines korrigierten Zielpunkts unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts derart, dass bei Verwendung des korrigierten Zielpunkts statt des gewünschten Zielpunkts das Untersuchungsgerät aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Zielpunkt liegt,
- 5 d) Erfassen einer Bildgebungsschicht mittels des Untersuchungsgeräts unter Verwendung des korrigierten Zielpunkts und Visualisierung eines hieraus gewonnenen Bildes.
- 10

Auf diese Weise kann mit einfachen Mitteln sichergestellt werden, dass die mittels des Untersuchungsgeräts tatsächlich erfasste Bildgebungsschicht (Merkmal d) auch die „richtige“ Bildgebungsschicht ist, nämlich die gewünschte Bildgebungsschicht, die jeweils festgelegt wurde. Mittels der Erfindung kann somit eine prospektive Korrektur der Schichtselektion bei der bildgebenden Untersuchung realisiert werden. Im Unterschied zu bekannten Verfahren, die sich lediglich auf eine rechnerische Korrektur bereits aufgenommener Bilder beschränken, wird durch das erfindungsgemäße Verfahren somit bereits vor der Erfassung der Bildgebungsschicht mittels des Untersuchungsgeräts eine Korrektur durchgeführt, um sicherzustellen, dass mittels des Untersuchungsgeräts dann tatsächlich die richtige Bildgebungsschicht erfasst wird. Dies ist insbesondere dann von großer Bedeutung, wenn anhand der visualisierten Bilder in der Bildgebungsschicht Eingriffe an dem Objekt, z. B. einem Patienten, durchgeführt werden sollen. Durch die Erfindung wird es insbesondere möglich, dass diese Eingriffe auch in Bereichen mit größerer Entfernung zum Magnetzentrum sicher durchgeführt werden können, weil nicht mehr die falsche Bildgebungsschicht visualisiert wird.

15

20

25

Die gewünschte Bildgebungsschicht des zu untersuchenden Objekts kann z. B. durch manuelle Einstellung an dem Untersuchungsgerät festgelegt werden, oder durch automatische Vorgabe, z. B. bei interventionellen Eingriffen anhand der Position eines medizinischen Interventionswerkzeugs. Die Koordinaten des gewünschten Zielpunkts können z. B. durch manuelle Einstellung an dem Untersuchungsgerät

30

festgelegt werden, oder durch automatische Bestimmung eines Punkts, z. B. des Mittelpunkts, der gewünschten Bildgebungsschicht. Das gleiche gilt für den nachfolgend noch erwähnten gewünschten Referenzpunkt in der gewünschten Bildgebungsschicht.

5

Die Koordinaten des gewünschten Zielpunkts und/oder des gewünschten Referenzpunkts können auch mittels eines Messgeräts bestimmt werden, das zusätzlich zum Untersuchungsgerät vorhanden ist. Das Messgerät kann z. B. ein externes Messgerät sein, das z. B. durch Tracking den Zielpunkt erfasst und dessen Koordinaten bestimmt. Das Messgerät kann z. B. ein optisches Messgerät sein. Das Messgerät kann auch Teil des Untersuchungsgeräts sein, wobei in diesem Fall das Messgerät eine Messung aufgrund eines anderen physikalischen Untersuchungsprinzips oder zumindest eines anderen Sensors durchführen muss, als für die Bestimmung der Bildgebungsschicht verwendet wird, sodass sichergestellt werden kann, dass das Messgerät nicht die gleichen Verzerrungen in der Signalerfassung aufweist wie das Untersuchungsgerät.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mittels eines Rechners durchgeführt werden, z. B. wenn das Verfahren als Software-Funktion programmiert wird. Dies erlaubt eine einfachere rechnerische Korrektur der Koordinaten-Daten. Die Gradientendaten des verzerrten Gradientenfelds können z. B. als Datensatz im Untersuchungsgerät bzw. in dessen Auswerteeinrichtung gespeichert sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind folgende Merkmale vorgesehen:

- a) Bestimmen der Koordinaten eines gewünschten Referenzpunkts in der gewünschten Bildgebungsschicht oder außerhalb davon, der von dem gewünschten Zielpunkt beabstandet ist,
- b) Bestimmen der Koordinaten eines korrigierten Referenzpunkts unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts derart, dass bei Verwendung des korrigierten Referenzpunkts statt des gewünschten Referenzpunkts das Untersuchungsgerät aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Referenzpunkt liegt,

- 5 c) Korrigieren einer möglichen lokalen Schichtrotation zwischen der gewünschten Bildgebungsschicht und der durch das Untersuchungsgerät aufgrund des verzerrten Gradientenfelds tatsächlich erfassten Bildgebungsschicht anhand der Koordinaten des gewünschten Zielpunkts, des gewünschten Referenzpunkts, des korrigierten Zielpunkts und des korrigierten Referenzpunkts.

10 In dem Untersuchungsgerät kann anhand der Koordinaten des weiteren Referenzpunkts eine mögliche lokale Schichtrotation in Folge einer Schichtdeformation der tatsächlich vom Untersuchungsgerät aufgenommenen Bildgebungsschicht korrigiert werden. Auf diese Weise können auch Abweichungen in der Umgebung des Zielpunkts korrigiert werden, da durch einen solchen weiteren Referenzpunkt eine Verkipfung der Bildgebungsschicht erkannt und kompensiert werden kann. Selbstverständlich können auch noch mehrere weitere Referenzpunkte entsprechend erfasst und in die Korrektur einbezogen werden.

15

Auf diese Weise können z. B. Nicht-Linearitäten bei MRT-Aufnahmen, die aufgrund von Abweichungen der Gradientenfelder vom linearen Verlauf im Randbereich auftreten, kompensiert werden.

20 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die von dem Messgerät ermittelten Koordinaten des Zielpunkts über eine Datenschnittstelle an eine Auswerteeinrichtung der Untersuchungseinrichtung übergeben werden. Auf diese Weise kann auch ein vorhandenes bildgebendes Untersuchungsgerät mit wenig Aufwand für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erweitert werden. Dies lässt sich in vielen Fällen durch eine Erweiterung der Software des Untersuchungsgeräts realisieren. Es ist am Untersuchungsgerät lediglich eine Datenschnittstelle zur Einspeisung der vom Messgerät ermittelten Koordinaten erforderlich. Der weitere Referenzpunkt oder die weiteren Referenzpunkte können hinsichtlich ihrer Koordinaten in der gleichen Weise an das Untersuchungssystem übergeben werden wie die Koordinaten des Zielpunkts, z. B. über die Datenschnittstelle.

25

30

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die gewünschte Bildgebungsschicht vom Untersuchungsgerät in einem begrenzten Untersuchungsgebiet erfasst wird, wobei geometrische Verzerrungen in der Abbildung in Abhängigkeit des Abstands vom Zentrum des Untersuchungsgebietes ansteigen.

5

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren in Echtzeit während einer Untersuchung an einem zu untersuchenden Objekt durchgeführt wird. „Echtzeit“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Verfahren während einer medizinischen Untersuchung oder eines medizinischen Eingriffs an einem Patienten durchgeführt werden kann und geringfügige Zeitverzögerungen, die durch die Datenverarbeitung entstehen können, sich hierbei nicht störend auswirken.

10

Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, eingerichtet zur Ausführung eines Verfahrens der zuvor erläuterten Art, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner ausgeführt wird. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.

15

Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Untersuchungsgerät zur schichtweisen Untersuchung eines Objekts, das mit einem Messgerät gekoppelt ist, wobei das Untersuchungsgerät in Kooperation mit dem Messgerät zur Ausführung eines Verfahrens der zuvor erläuterten Art eingerichtet ist. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.

20

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

25

Figur 1 ein Untersuchungsgerät sowie ein Messgerät und

Figur 2 einen Korrekturvorgang der Schichtlage und Schichtrotation.

30

Die Figur 1 zeigt ein Untersuchungsgerät 1 sowie ein Messgerät 2. Erkennbar ist ferner ein zu untersuchendes Objekt 5, das sich in einem Untersuchungsbereich des Untersuchungsgeräts 1 und in einem Messbereich des Messgeräts 2 befindet. In der Figur 1 ist zudem eine gewünschte Bildgebungsschicht 4 des zu untersuchenden

Objekts 5 markiert. In dieser gewünschten Bildgebungsschicht 4 ist ein Zielpunkt 6 sowie ein weiterer Referenzpunkt 7 markiert.

5 Nachdem die gewünschte Bildgebungsschicht 4 festgelegt wurde, werden die Koordinaten des Zielpunkts 6 und ggf. die Koordinaten des weiteren Referenzpunkts 7 bestimmt. Dies kann ggf. durch das Messgerät 2 erfolgen. Das Messgerät 2 überträgt die ermittelten Koordinaten über eine Datenschnittstelle 3 an das Untersuchungsgerät 1. Durch das Untersuchungsgerät 1 werden die Koordinaten eines korrigierten Zielpunkts 6' unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts 1 derart bestimmt, dass bei Verwendung des korrigierten Zielpunkts 6' statt des gewünschten Zielpunkts 6 das Untersuchungsgerät 1 aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Zielpunkt 6 liegt.

15 Das Gleiche kann bezüglich der Koordinaten des weiteren Referenzpunkts 7 durchgeführt werden, so dass zusätzlich der korrigierten Referenzpunkts 7' vorliegt. Erst dann erfolgt ein Erfassen der Bildgebungsschicht durch das Untersuchungsgerät 1, und zwar anhand der Koordinaten des Zielpunkts 6, des weiteren Referenzpunkts 7, des korrigierten Zielpunkts 6' und korrigierten Referenzpunkts 7' des Untersuchungsgeräts 1. Hierdurch ist sichergestellt, dass die gewünschte Bildgebungsschicht 4 tatsächlich vom Untersuchungsgerät 1 als Bildgebungsschicht 4 erfasst wird. Das vom Untersuchungsgerät 1 dann visualisierte Bild zeigt somit zuverlässig die gewünschte Bildgebungsschicht 4 des zu untersuchenden Objekts 5. Zudem kann ein Korrigieren einer möglichen lokalen Schichtrotation zwischen der gewünschten Bildgebungsschicht und der durch das Untersuchungsgerät 1 aufgrund des verzerrten Gradientenfelds tatsächlich erfassten Bildgebungsschicht erfolgen.

Dieser Korrekturvorgang wird nun anhand der Darstellungen der Figur 2 erläutert. Die Abbildung a) zeigt die gewünschte Bildgebungsschicht 4 und die ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Korrekturverfahrens auf Grund der Verzerrungen und nicht Linearitäten tatsächlich aufgenommene Bildgebungsschicht 4'. Die tatsächlich aufgenommene Bildgebungsschicht 4' weist nicht den gewünschten Zielpunkt 6 auf. Zudem weist sie eine andere räumliche Orientierung als die gewünschte Bildgebungsschicht 4 auf.

Der Korrekturvorgang unter Nutzung des Zielpunkts 6 und des korrigierten Zielpunkts 6' ist in Abbildung b) dargestellt. Das Untersuchungsgerät 1 erfasst nun eine tatsächliche Bildgebungsschicht 4', in der sich der gewünschte Zielpunkt 6 befindet, d.h. auf Grund der Korrektur überdecken sich somit der gewünschte Zielpunkt 6 und der korrigierte Zielpunkt 6'. Erkennbar ist aber, dass die räumliche Orientierung der tatsächlich erfassten Bildgebungsschicht 4' noch nicht der gewünschten Bildgebungsschicht 4 entspricht, d.h. es liegt eine Schichtrotation vor.

10 Wird nun die Korrektur um die Bestimmung des gewünschten Referenzpunktes 7 in der gewünschten Bildgebungsschicht 4 und des zusätzlich bestimmten korrigierten Referenzpunktes 7' erweitert, kann auf Grund der nun vorliegenden Information über die Winkeldifferenz zwischen den Schichten 4, 4' auch die Schichtrotation korrigiert werden. Dies ist in der Abbildung c) dargestellt. Besonders effizient kann die Korrektur der Schichtrotation erfolgen, wenn ein Zielpunkt 6 und ein Referenzpunkt 7 festgelegt werden, die auf einer gemeinsamen Geraden angeordnet sind, wobei die Gerade auf der gewünschten Bildgebungsschicht 4 liegt.

Die Besonderheit besteht in der prospektiven Korrektur der Schichtselektion vor der Bildgebung, die für eine Aufnahme der gewünschten Schicht sorgt, auch im Bereich, in welchem Nichtlinearitäten der Gradienten bislang die Zielregion aus der Schicht verlieren. Der Effekt wird im Allgemeinen stärker je weiter die Schichtebene vom Zentrum des Untersuchungsbereichs des Untersuchungsgeräts 1 entfernt ist. Mit einer zusätzlichen Durchführung der Standardkorrektur innerhalb der Schichtebene entstehen nicht verzerrte Aufnahmen. Das Verfahren ist ebenfalls anwendbar in einer live-Bildgebung, da die Korrekturdaten vorab berechnet werden können und somit kurze Rechenzeiten möglich sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden Untersuchungsgeräts (1), bei dem Signale von einem zu untersuchenden Objekt (5) aufgenommen und schichtweise in Form von Schnittbildern und/oder dreidimensionalen Bildern des Objekts (5) bestimmt und dargestellt werden, mit folgenden Schritten:
- 5
- a) Festlegen einer gewünschten Bildgebungsschicht (4) des zu untersuchenden Objekts (5),
- b) Bestimmen der Koordinaten eines gewünschten Zielpunkts (6) in der gewünschten Bildgebungsschicht (4),
- 10
- c) Bestimmen der Koordinaten eines korrigierten Zielpunkts (6') unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts (1) derart, dass bei Verwendung des korrigierten Zielpunkts (6') statt des gewünschten Zielpunkts (6) das Untersuchungsgerät (1) aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Zielpunkt (6) liegt,
- 15
- d) Erfassen einer Bildgebungsschicht (4) mittels des Untersuchungsgeräts (1) unter Verwendung des korrigierten Zielpunkts (6') und Visualisierung eines hieraus gewonnenen Bildes.
- 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- a) Bestimmen der Koordinaten eines gewünschten Referenzpunkts (7) in der gewünschten Bildgebungsschicht (4) oder außerhalb davon, der von dem gewünschten Zielpunkt (6) beabstandet ist,
- 25
- b) Bestimmen der Koordinaten eines korrigierten Referenzpunkts (7') unter Berücksichtigung eines verzerrten Gradientenfelds des Untersuchungsgeräts (1) derart, dass bei Verwendung des korrigierten Referenzpunkts (7') statt des gewünschten Referenzpunkts (7) das Untersuchungsgerät (1) aufgrund des verzerrten Gradientenfelds eine Bildgebungsschicht erfasst, in der der gewünschte Referenzpunkt (7) liegt,
- 30
- c) Korrigieren einer möglichen lokalen Schichtrotation zwischen der gewünschten Bildgebungsschicht (4) und der durch das Untersuchungsgerät (1) auf-

grund des verzerrten Gradientenfelds tatsächlich erfassten Bildgebungsschicht anhand der Koordinaten des gewünschten Zielpunkts (6), des gewünschten Referenzpunkts (7), des korrigierten Zielpunkts (6') und des korrigierten Referenzpunkts (7').

5

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gewünschte Bildgebungsschicht (4) vom Untersuchungsgerät (1) in einem begrenzten Untersuchungsgebiet erfasst wird, wobei geometrische Verzerrungen in der Abbildung in Abhängigkeit des Abstands vom Zentrum des Untersuchungsgebietes ansteigen.

10

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren in Echtzeit während einer Untersuchung an einem zu untersuchenden Objekt (5) durchgeführt wird.

15

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Koordinaten des gewünschten Zielpunkts (6) und/oder des gewünschten Referenzpunkts (7) mittels eines Messgeräts (2) bestimmt werden, das zusätzlich zum Untersuchungsgerät (1) vorhanden ist.

20

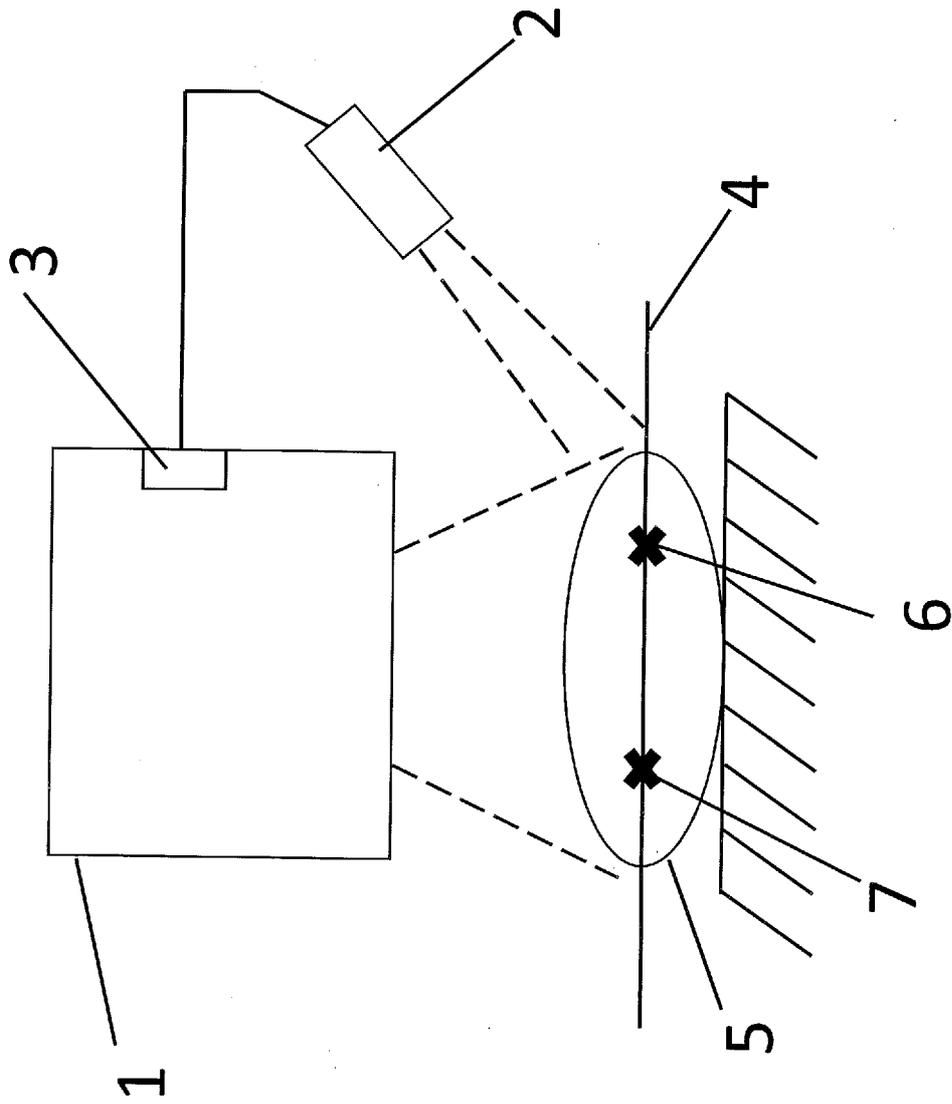
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die von dem Messgerät (2) ermittelten Koordinaten des gewünschten Zielpunkts (6) über eine Datenschnittstelle (3) an eine Auswerteeinrichtung der Untersuchungseinrichtung (1) übergeben werden.

25

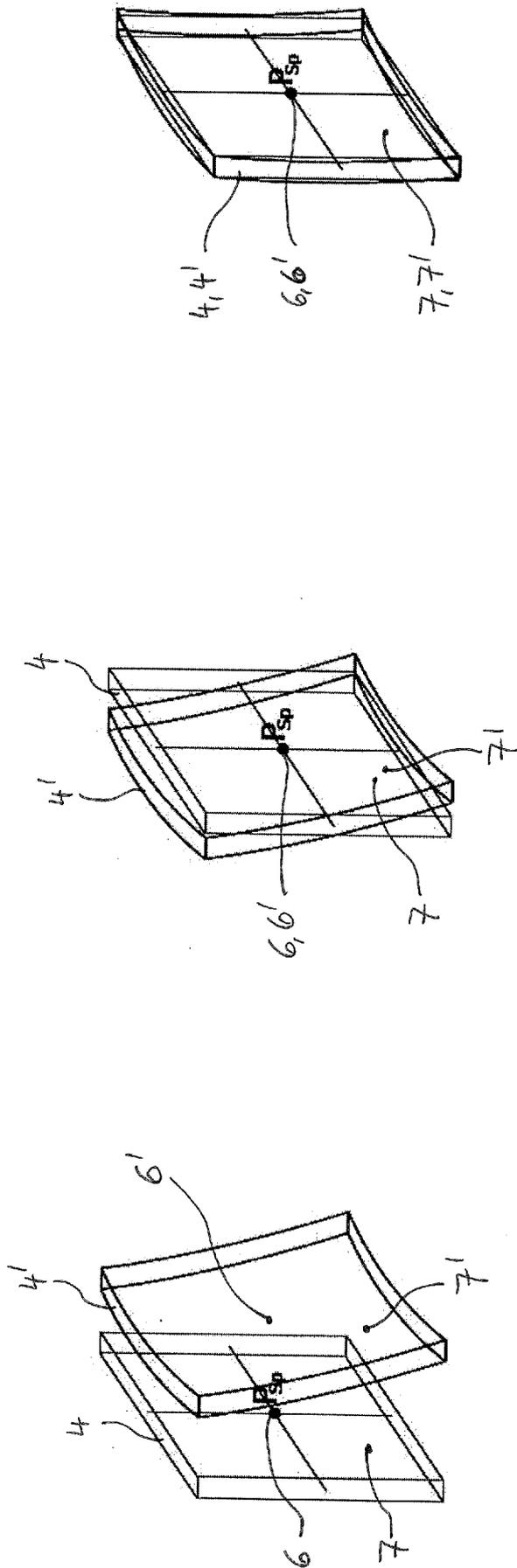
7. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, eingerichtet zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner ausgeführt wird.

30

8. Untersuchungsgerät (1) zur schichtweisen Untersuchung eines Objekts (5), das mit einem Messgerät (2) gekoppelt ist, wobei das Untersuchungsgerät (1) zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 eingerichtet ist.



FIGUR 1



a  
b  
c  
FIGUR 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/077687

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01R 33/565</i> (2006.01)i; <i>G01R 33/54</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1063535 A2 (GE YOKOGAWA MEDICAL SYSTEMS LTD) 27 December 2000 (2000-12-27) figures 2,3,8,9 paragraph [0013] - paragraph [0029] paragraph [0044] - paragraph [0051]	1,3-8
X	JP 2010119740 A (TOSHIBA CORP; TOSHIBA MEDICAL SYS CORP) 03 June 2010 (2010-06-03) figures 5,6 paragraph [0031] - paragraph [0078]	1-8
X	DE 102005030795 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20 July 2006 (2006-07-20) figures 1,2,3,4,5,6 paragraph [0005] paragraph [0011] - paragraph [0019]	1,3-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>11 December 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>22 December 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Durst, Markus</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/077687

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JULIAN MACLAREN ET AL. "Prospective motion correction in brain imaging: A review" <i>MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE</i> , US, Vol. 69, No. 3, 08 May 2012 (2012-05-08), pages 621-636 DOI: 10.1002/mrm.24314 ISSN: 0740-3194, XP055581879 figure 10 section "Gradient Imperfections"; page 631 - page 632	1-8
<hr/>		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/077687**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1063535	A2	27 December 2000	CN	1286961	A	14 March 2001
				EP	1063535	A2	27 December 2000
				JP	3236274	B2	10 December 2001
				JP	2001000416	A	09 January 2001
				KR	20010049606	A	15 June 2001
				US	6359436	B1	19 March 2002
JP	2010119740	A	03 June 2010	JP	5675044	B2	25 February 2015
				JP	2010119740	A	03 June 2010
DE	102005030795	A1	20 July 2006	CN	1714750	A	04 January 2006
				DE	102005030795	A1	20 July 2006
				US	2006012365	A1	19 January 2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01R33/565 G01R33/54  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G01R

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	EP 1 063 535 A2 (GE YOKOGAWA MEDICAL SYSTEMS LTD) 27. Dezember 2000 (2000-12-27) Abbildungen 2,3,8,9 Absatz [0013] - Absatz [0029] Absatz [0044] - Absatz [0051] -----	1,3-8
X	JP 2010 119740 A (TOSHIBA CORP; TOSHIBA MEDICAL SYS CORP) 3. Juni 2010 (2010-06-03) Abbildungen 5,6 Absatz [0031] - Absatz [0078] -----	1-8
X	DE 10 2005 030795 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20. Juli 2006 (2006-07-20) Abbildungen 1,2,3,4,5,6 Absatz [0005] Absatz [0011] - Absatz [0019] -----	1,3-8
	-/--	



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

11. Dezember 2020

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/12/2020

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

Durst, Markus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>JULIAN MACLAREN ET AL: "Prospective motion correction in brain imaging: A review", MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, Bd. 69, Nr. 3, 8. Mai 2012 (2012-05-08), Seiten 621-636, XP055581879, US ISSN: 0740-3194, DOI: 10.1002/mrm.24314 Abbildung 10 Abschnitt "Gradient Imperfections"; Seite 631 - Seite 632 -----</p>	1-8

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/077687

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1063535	A2	27-12-2000	
		CN 1286961 A	14-03-2001
		EP 1063535 A2	27-12-2000
		JP 3236274 B2	10-12-2001
		JP 2001000416 A	09-01-2001
		KR 20010049606 A	15-06-2001
		US 6359436 B1	19-03-2002
-----			
JP 2010119740	A	03-06-2010	
		JP 5675044 B2	25-02-2015
		JP 2010119740 A	03-06-2010
-----			
DE 102005030795	A1	20-07-2006	
		CN 1714750 A	04-01-2006
		DE 102005030795 A1	20-07-2006
		US 2006012365 A1	19-01-2006
-----			