



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 21 642 B4 2009.10.08**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 21 642.8**
 (22) Anmeldetag: **15.05.2002**
 (43) Offenlegungstag: **18.12.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 5/055 (2006.01)**
G01R 33/56 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01)
G01N 23/04 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

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

(72) Erfinder:
Harder, Martin, 90429 Nürnberg, DE; Oesingmann, Niels, Dr., 91054 Erlangen, DE

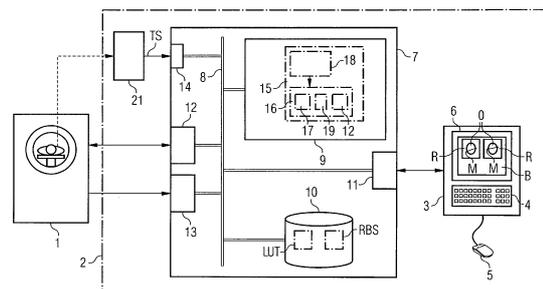
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 198 46 687 C2
DE 195 29 636 C2
DE 100 48 438 A1

Liu, Y., Riederer, S. J., Brown, D. G., Wright, R. C., Holsinger, A. E., Grimm, R. C., Ehman, R. L.: "ECG-triggered snapshot MR imaging of the heart", IN: Computers in Cardiology 1990. Proceedings., 23-26 Sep. 1990, S. 381-384

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Steuereinrichtung zur Steuerung einer Schichtbildaufnahmeeinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung einer Schichtbildaufnahmeeinrichtung (1) zur Aufnahme von Schichtbildern eines Objekts (O), bei welchem mittels einer graphischen Benutzeroberfläche (B) Referenzbilder (R, R₁ bis R₆) des Objekts (O) dargestellt werden und mit Hilfe von Schichtpositionsmarkierungen (M, M₁ bis M₆) innerhalb der dargestellten Referenzbilder (R, R₁ bis R₆) die Positionen von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern (S₁ bis S₁₂) bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet, dass in den Referenzbildern (R₁ bis R₆) zunächst eine Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M₁ bis M₆) gesetzt wird, wobei den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen (M₁ bis M₆) der Sequenz jeweils eine Zeitmarke (TT) zugeordnet ist, und unter Verwendung dieser Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M₁ bis M₆) die Positionen der nachfolgend aufzunehmenden Schichtbilder (S₁ bis S₁₂) in Abhängigkeit von einem Aufnahmezeitpunkt (T) des jeweiligen Schichtbilds (S₁ bis S₁₂) relativ zu einem Referenzzeitpunkt (T₀) bestimmt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Schichtbildaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme von Schichtbildern eines Untersuchungsobjekts, bei welchem mittels einer graphischen Benutzeroberfläche Referenzbilder des Objekts dargestellt werden und mit Hilfe von Schichtpositionsmarkierungen innerhalb der dargestellten Referenzbilder die Positionen von nachfolgenden aufzunehmenden Schichtbildern bestimmt werden. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechende Steuereinrichtung für eine Schichtbildaufnahmeeinrichtung sowie eine Schichtbildaufnahmeeinrichtung mit einer solchen Steuereinrichtung.

[0002] Schichtbildaufnahmeeinrichtungen wie z. B. Röntgen-Computertomographen oder Kernspintomographen werden vornehmlich im medizinischen Bereich eingesetzt. In den meisten Fällen dienen die Schichtbildaufnahmen zur Untersuchung von Körperteilen bzw. Organen eines Patienten für eine spätere Diagnose. Darüber hinaus werden sie vielfach auch im Rahmen von chirurgischen Eingriffen genutzt. So wird beispielsweise in der DE 198 46 687 C2 ein Verfahren beschrieben, bei dem zunächst präoperativ mittels eines Magnetresonanztomographen eine relativ genaue dreidimensionale Darstellung des Operationsgebiets aufgezeichnet wird. Außerdem werden mittels eines Ultraschallkopfs Ultraschall-Bilddaten des Operationsgebiets präoperativ und zu verschiedenen Zeitpunkten während der Operation aufgenommen. Durch Vergleich der zu den verschiedenen Zeitpunkten aufgenommenen Ultraschall-Bilddaten werden Veränderungen des Operationsgebiets ermittelt und anhand dieser Veränderungen der dreidimensionalen Magnetresonanz-Datensatz aktualisiert und angezeigt. Dieses Verfahren ermöglicht es, wenn ein entsprechend detailliert arbeitendes Magnetresonanz-Bildgebungsverfahren intraoperativ nicht anwendbar ist, mit Hilfe eines relativ einfachen Ultraschall-Aufnahmeverfahrens ausreichend detaillierte „künstliche Magnetresonanz-Bilder“ zu erzeugen.

[0003] Des Weiteren können die verschiedensten Schichtbildaufnahmeverfahren auch zur zerstörungsfreien Untersuchung von beliebigen anderen Objekten verwendet werden.

[0004] Bei der Nutzung solcher Schichtbildaufnahmeverfahren ist es prinzipiell wünschenswert, wenn mit möglichst wenig Aufnahmen die zu untersuchende Person bzw. der zu untersuchende Gegenstand so erfasst wird, dass ein eindeutiges, sicheres Untersuchungsergebnis erzielt wird. Dies ist insbesondere im medizinischen Bereich wichtig, da nur so die für den Patienten in der Regel unbequeme Untersuchungszeit und ggf. auch die Strahlenbelastung reduziert werden kann. Hierzu ist es erforderlich, dass die Positionen der aufzunehmenden Schichtbilder so gewählt werden, dass das innerhalb des Untersuchungsgegenstands bzw. der Person zu untersuchende Objekt, beispielsweise ein bestimmtes Organ eines Patienten, auf den Schichtbildern in geeigneter Weise erfasst wird.

[0005] Insbesondere bei der Untersuchung eines Patienten ist jedoch die interessierende Region nicht immer im Voraus von außen genau lokalisierbar, da zum einen bereits die exakte Lage eines Organs im Körper des Patienten von der individuellen Anatomie des Patienten abhängt und zum anderen sich oft erst im Laufe der Untersuchung herausstellt, in welchem Bereich des zu untersuchenden Organs sich eine ggf. krankhafte Veränderung befindet, die näher zu untersuchen ist.

[0006] Um die Schichtbilder genau zu positionieren, wird heutzutage im Allgemeinen das eingangs genannte Steuerungsverfahren eingesetzt. Als Referenzbilder werden hierbei z. B. zunächst Standardschnittbilder des Probanden bzw. des zu untersuchenden Körperteils, beispielsweise des Kopfes oder des Brustraums, erzeugt. Die Aufnahme der Referenzbilder erfolgt in der Regel innerhalb der Schichtbildaufnahmeeinrichtung selbst. Prinzipiell ist es aber auch möglich, mit einer anderen Einrichtung erzeugte Schichtbilder zu verwenden, sofern eine Möglichkeit besteht, anhand der äußeren Anatomie den zu untersuchenden Patienten in der Schichtbildaufnahmeeinrichtung in passender Weise zu positionieren. Der Bediener der Schichtbildaufnahmeeinrichtung kann dann mit Hilfe geeigneter Eingabemittel, z. B. mittels einer üblichen Computermaus, eines Graphiktablets, einer Tastatur oder Ähnlichem, Schichtpositionsmarkierungen innerhalb der Referenzbilder setzen, beispielsweise in Form von Schnittlinien und/oder Projektionsdarstellungen. Im medizinischen Bereich werden häufig ein sagittales Bild, ein koronares Bild und ein transversales Bild als Referenzbilder erzeugt. Um eine einfache Ebene innerhalb des dreidimensionalen Untersuchungsobjekts zu definieren, sind in der Regel jeweils eine Schichtpositionsmarkierung in Form einer Schnittlinie in zwei der Bilder und eine weitere Schichtpositionsmarkierung in Form einer Projektionsdarstellung im dritten Bild notwendig. Außerdem ist es möglich, die Größe bzw. die Dicke der Schichten einzustellen. Üblicherweise können innerhalb der Referenzbilder gleich mehrere aufzunehmende Schichten markiert werden, beispielsweise eine Gruppe von mehreren parallelen Schichten, um so die gewünschte Region der zu untersuchenden Struktur am besten zu erfassen. Diese für den Bediener recht komfortable Methode, die Positionen der aufzunehmenden Schichtbilder mittels einer Markierung in Referenzbildern des Objekts festzulegen, wird auch „Graphische Schichtpositionierung“ (GSP) ge-

nannt. Zu den einzelnen aufzunehmenden Schichtbildern sind noch weitere zur Steuerung der Schichtbildaufnahmeeinrichtung erforderliche Parameter definierbar. Bei einem Kernspintomographen sind dies beispielsweise die Relaxationszeit TA und die Echozeit TE etc. oder bei einem Röntgencomputertomographen die einzustellende Dosis etc. Wenn der Bediener alle Parameter eingestellt und mit den geplanten Schichten die Messregion optimal abgedeckt hat, kann die Messung über eine sogenannte „Mess-Queue“ gestartet werden. Die Daten der Schichtpositionsmarkierungen innerhalb der Referenzbilder werden dann in die Positionsdaten innerhalb des zu untersuchenden Objekts umgerechnet und die Schichtbildaufnahmeeinrichtung bzw. der Scanner so angesteuert, dass die gewünschten Bilder an den entsprechenden Schichtpositionen innerhalb des Untersuchungsobjekts erzeugt werden. Die erzeugten Schichtbilder werden dann in einer Bilderdatenbank gespeichert. Alle gemessenen Bilder stehen direkt zur weiteren Schichtpositionierung zur Verfügung, d. h. sie können wiederum als Referenzbilder auf der graphischen Benutzeroberfläche dazu verwendet werden, um neue Schichtpositionsmarkierungen für weitere Messungen einzugeben.

[0007] Verschiedene Verfahren, Schichtbilder mit Hilfe einer graphischen Schichtpositionierung zu erzeugen, werden beispielsweise in der DE 100 48 438 A1 und der DE 595 29 636 genannt.

[0008] Die DE 100 48 438 A1 schlägt dabei ein Verfahren vor, bei dem abhängig von einer Eingabe entsprechender Befehle durch einen Benutzer eine verdrehte Darstellung des Referenzbilds und eine der Verdrehung des Referenzbilds entsprechende räumliche Darstellung der Schichten auf dem Bildschirm erzeugt werden. Dadurch wird dem Benutzer in vorteilhafter Weise die räumliche Lage der ausgewählten und zu messenden Schichten in Bezug auf das Referenzbild des gemessenen Körperteils des Patienten visualisiert. Insbesondere in den Fällen doppelt geneigter Schichtgruppen kann der jeweilige Benutzer so sehr einfach die tatsächliche Situation verstehen und beurteilen, ob die geplanten und in den Referenzbildern dargestellten Schichten tatsächlich den zu untersuchenden Bereich bzw. den Körperteil abdecken, ohne dass er ein besonders hohes Maß an räumlichem Vorstellungsvermögen hierzu aufbringen muss.

[0009] In der DE 595 29 636 wird ebenfalls vorgeschlagen, eine Übersichtsaufnahme des Objekts senkrecht zu den gewünschten Schichten zu erstellen und dann die gewünschten Schichten anhand der Übersichtsaufnahme grafisch zu positionieren. Anschließend soll ein 3-D-Datensatz erstellt werden, der die vorgegebenen Schichten umfasst. Die gewünschten Schichten werden dann aus dem 3-D-Datensatz rekonstruiert und schließlich abgebildet.

[0010] Ein Problem aller vorgenannten Methoden tritt jedoch dann auf, wenn sich die Lage des Objekts mit der Zeit senkrecht zur gewünschten Bildebene verändert. In diesem Fall werden die interessierenden Strukturen nicht mehr vollständig abgebildet. Daher muss die Bildebene entsprechend der Bewegung nachgeführt werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Untersuchung einer Herzklappe eines Patienten. Durch die Atmung und die Herztätigkeit verändert sich die Position der Herzklappe ständig. Eine gleichzeitige Ableitung von Bewegungsinformationen vom interessierenden Objekt zur Bildnachführung ist bei der zweidimensionalen Bildgebung in der Regel nicht möglich, weil die zu untersuchende Struktur, wie beispielsweise eine Herzklappe, oft zu klein und relativ schlecht abgrenzbar ist. Zudem müssen die Bewegungsmessung und die Bildmessung zeitlich getrennt durchgeführt werden, wobei die prospektiv durchzuführende Bewegungsmessung das Bildsignal beeinflusst. In der Praxis werden daher zur Zeit indirekte Verfahren benutzt, die aus der Bewegung einer anderen Struktur, beispielsweise eines anderen Organs des Patienten, die interessierenden Bewegungskomponenten der eigentlich zu untersuchenden Struktur ermitteln. Eine häufig genutzte Methode ist dabei die sogenannte „Navigator-Echo-Technik“, bei der von der Schichtbildaufnahmeeinrichtung das Signal und damit die Position einer Referenzstruktur erfasst wird und z. B. eine lineare Kopplung zwischen der aktuellen Lage der Referenzstruktur und der zu untersuchenden Struktur festgelegt wird. Mit dieser Methode wird beispielsweise die Position des Zwerchfells bestimmt, um die Atemlage des Herzens zu korrigieren. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass permanent nicht nur die zu untersuchende Struktur, sondern auch die Referenzstruktur gemessen werden muss, um die Verschiebung zu ermitteln. Somit steht ein Teil der Messzeit nicht mehr zur Messung der eigentlich gewünschten Struktur zur Verfügung. Dieses Problem besteht bei allen Verfahren, welche sich einer Referenzstruktur zur Nachführung der Messschicht bedienen. Weiterhin ist aus der Praxis das sogenannte „Slice-Tracking-Verfahren“ bekannt, bei dem die Bewegung einer Struktur als Funktion der Zeit vorab gemessen und daraus die Messschichtbewegung im Voraus berechnet wird. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass es nur bei bestimmten Strukturen angewendet werden kann, die für eine solche Untersuchung groß genug sind, wie beispielsweise das Zwerchfell oder die Leber eines Patienten. Sie ist jedoch nicht anwendbar bei kleineren Strukturen wie beispielsweise Herzklappen. In diesem Fall muss wieder auf ein indirektes Verfahren zurückgegriffen werden, indem die Bewegung der Klappe beispielsweise vom oberen Myokard des Herzens abgeleitet wird.

[0011] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives Steuerungsverfahren für Schichtbildaufnahmeeinrichtungen bzw. eine entsprechende Steuereinrichtung zu schaffen, wodurch auf einfache Weise eine zeitabhängige Schichtpositionierung möglich wird, die universell für verschiedene Untersuchungen anwendbar ist und die insbesondere eine sichere Nachführung der Position der Schichtbilder erlaubt, so dass auch kleine zu untersuchende Strukturen über einen längeren Zeitraum zuverlässig beobachtet werden können.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie durch eine Steuereinrichtung gemäß Patentanspruch 12 bzw. eine Schichtbildaufnahmeeinrichtung gemäß Patentanspruch 20 gelöst.

[0013] Erfindungsgemäß wird dabei in den Referenzbildern zunächst eine Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen, d. h. mindestens zwei Schichtpositionsmarkierungen, gesetzt. Den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen wird dabei eine Zeitmarke zugeordnet. Die Zeitmarke kann sich jeweils auf einen bestimmten Referenzzeitpunkt oder auf die Zeitmarkierungen der anderen Schichtpositionsmarkierungen der Sequenz beziehen, d. h. den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen werden z. B. relative zeitliche Abstände zugeordnet. Unter Verwendung dieser Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen werden dann die Positionen der nachfolgend aufzunehmenden Schichtbilder in Abhängigkeit von einem Aufnahmezeitpunkt des jeweiligen Schichtbilds relativ zu einem Referenzzeitpunkt, beispielsweise zu einem Startpunkt der Messung oder zum Aufnahmezeitpunkt des vorherigen Schichtbilds, bestimmt.

[0014] Durch die Möglichkeit, die jeweiligen Schichtpositionsmarkierungen mit einer Zeitmarke zu verknüpfen, kann der Bediener interaktiv die Position jeder Bildebene und somit einen beliebigen Pfad einer Serie von Aufnahmen innerhalb des Objekts als Funktion der Zeit angeben. Das heißt, er kann eine nachfolgende Messserie auch bezüglich der zeitlichen Komponente genau planen und somit optimal an die jeweilige Untersuchung anpassen. Dabei kann auch die Bewegung der interessierenden Strukturen berücksichtigt werden, so dass zusätzliche aufwändige Messungen zur Nachführung der Bildebene nicht notwendig sind.

[0015] Unter dem Begriff Position bzw. Positionierung einer Schicht ist dabei im Sinne dieser Schrift nicht nur die Festlegung der Lage der Schicht, sondern auch deren Orientierung sowie ggf. die Form und das Volumen der Schicht an bestimmten Stellen, d. h. die Position jedes einzelnen Volumenelements, zu verstehen. Insofern kann es sich bei den Schichten nicht nur um ebene, planparallele Schichten, sondern auch um Hyperebenen handeln. Der Einfachheit halber wird jedoch im Folgenden – ohne die Erfindung einzuschränken – von der Positionierung eines ebenen Schichtbilds ausgegangen.

[0016] Eine Steuereinrichtung zur Durchführung des Verfahrens benötigt eine übliche Benutzerschnittstelle mit einer graphische Benutzeroberfläche zur Darstellung der Referenzbilder und mit Mitteln zum Setzen von Schichtpositionsmarkierungen. Außerdem wird eine Schichtpositionsermittlungseinheit zur Bestimmung der Position von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern des Objekts unter Verwendung der Schichtpositionsmarkierungen in den Referenzbildern benötigt. Die Ermittlung der Positionen im Objekt aus den Schichtpositionsmarkierungen kann beispielsweise durch eine einfache Umrechnung der Graphikdaten in die Positionskoordinaten im Messobjekt erfolgen. Weiterhin werden Steuermittel benötigt, um die Schichtbildaufnahmeeinrichtung so anzusteuern, dass Schichtbilder des Objekts an den von der Schichtpositionsermittlungseinheit bestimmten Positionen aufgenommen werden. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Schnittstellen, D/A-Wandler etc. zur Ansteuerung der verschiedenen Komponenten der Schichtbildaufnahmeeinrichtung wie Stellmotoren oder Elektromagneten, Sende-/Empfangsspulen für ein Magnetresonanzsignal usw. Erfindungsgemäß muss die Steuereinrichtung zusätzlich Mittel aufweisen, um in den Referenzbildern eine Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen zu setzen und dabei den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen der Sequenz jeweils eine Zeitmarke zuzuordnen. Darüber hinaus muss die Schichtpositionsermittlungseinheit derart aufgebaut sein, dass sie unter Verwendung der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen die Positionen von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern in Abhängigkeit von einem Aufnahmezeitpunkt des jeweiligen Schichtbilds relativ zu einem Referenzzeitpunkt bestimmt.

[0017] Die abhängigen Ansprüche enthalten jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

[0018] Eine Serie von zu verschiedenen Zeitpunkten aufzunehmenden Schichtbildern kann in einem einzelnen Referenzbild bzw. in zwei oder drei Referenzbildern, die das Objekt zu einem bestimmten Zeitpunkt von verschiedenen Ansichten zeigen, festgelegt werden. Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird aber zunächst eine Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern erzeugt, welche das Objekt zu unterschiedlichen relativen Zeitpunkten relativ zu einem Referenzzeitpunkt bzw. in definierten zeitlichen Abständen

zueinander zeigen. Die Steuereinrichtung sollte hierzu vorzugsweise entsprechende Mittel zur Erzeugung einer Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern und zur Registrierung von Informationen über den relativen Zeitpunkt der Referenzbilder sowie einen Referenzbildspeicher zur Speicherung dieser zeitabhängigen Referenzbilder gemeinsam mit den Zeitinformationen aufweisen. Die Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen kann dann in dieser Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern gesetzt werden. Der Bediener hat mit Hilfe der zeitabhängigen Referenzbilder die Möglichkeit, Informationen darüber zu gewinnen, wie ein bestimmtes Schichtbild zu einem bestimmten relativen Zeitpunkt optimal zu positionieren ist, und kann dementsprechend die Schichtpositionsmarkierung setzen.

[0019] Besonders bevorzugt wird dabei einer in einem zeitabhängigen Referenzbild gesetzten Schichtpositionsmarkierung automatisch der relative Zeitpunkt des Referenzbildes selbst als Zeitmarke zugeordnet. Vorzugsweise wird in jedem der zeitabhängigen Referenzbilder genau eine Schichtpositionsmarkierung gesetzt. Die Steuereinrichtung muss hierfür entsprechende Zuordnungsmittel aufweisen, um der Schichtpositionsmarkierung den relativen Zeitpunkt des jeweiligen Referenzbildes als Zeitmarke zuzuordnen.

[0020] Vorzugsweise wird die Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern während eines Vorgangs erzeugt, welcher dem Vorgang während der späteren Messung der Schichtbilder für die Untersuchung entspricht. Hierbei kann es sich um periodisch wiederkehrende Vorgänge wie beispielsweise die Atem- oder Herzbewegung des Patienten oder auch um einmalig ausgelöste Vorgänge, wie beispielsweise eine Schluckbewegung, handeln. So kann z. B. zur Untersuchung der Speiseröhre während einer Schluckbewegung zunächst der Patient ein Kontrastmittel schlucken. Bei diesem ersten Schluckvorgang wird eine Sequenz von Referenzbildern aufgenommen. In diesen Referenzbildern setzt der Bediener der Schichtbildaufnahmeeinrichtung dann die Schichtpositionsmarkierungen, um festzulegen, zu welchen relativen Zeitpunkten in welchem Bereich der Speiseröhre ein Schichtbild erzeugt werden soll. Anschließend wird die eigentliche Untersuchung während einer Wiederholung des Schluckvorgangs durchgeführt.

[0021] Die Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern sollte vorzugsweise jeweils eine bestimmte aufzunehmende bewegliche Struktur des Objekts, wie z. B. eine Herzklappe, in einer anderen Position zeigen, d. h. es sollte zumindest eine Komponente der Bewegungsrichtung der interessierenden Struktur in der Bildebene der zeitabhängigen Referenzbilder liegen. Die Schichtpositionsmarkierung wird dann in jedem der zeitabhängigen Referenzbilder so gesetzt, dass eine Schicht des Objekts markiert wird, welche diese Struktur des Objekts umfasst. D. h. bei einer Untersuchung einer Herzklappe wird dabei z. B. die Schichtpositionsmarkierung so gesetzt, dass in jedem der zeitabhängigen Referenzbilder die markierte Schicht die Herzklappe einschließt.

[0022] Im einfachsten Fall werden bei der nachfolgenden Messserie die Schichtbilder jeweils zu einem Zeitpunkt aufgenommen, der genau einer Zeitmarke einer Schichtpositionsmarkierung entspricht. Das Schichtbild wird dann genau an der der Schichtpositionsmarkierung entsprechenden Position aufgenommen.

[0023] Vorzugsweise wird aber unter Verwendung der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen eine zeitabhängige Positionierungsfunktion und/oder eine Referenztabelle erzeugt. Anhand dieser zeitabhängigen Positionierungsfunktion oder der Referenztabelle (Lookup-Table) können dann später die Positionen der Schichtbilder zu beliebigen relativen Aufnahmezeitpunkten bestimmt werden. Die Daten der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen bilden hierbei z. B. die Stützstellen der Funktion oder die Einträge der Lookup-Table bzw. sie bilden Stützstellen zur Aufstellung einer komplexeren Lookup-Table. Die Positionierungsfunktion kann mit üblichen mathematischen Verfahren, beispielsweise mittels beliebiger geeigneter Fit- und Interpolationsverfahren durchgeführt werden, mit denen anhand von Stützstellen Funktionen erzeugt werden. Dies kann ggf. auch abschnittsweise bezüglich der Zeit erfolgen. Ebenso kann die Lookup-Table bei ihrer Aufstellung zwischen den einzelnen Stützstellen mit Hilfe geeigneter Interpolationsverfahren vervollständigt werden. Bei Verwendung einer Lookup-Table kann zur Ermittlung von Positionen für Aufnahmezeitpunkte, die zwischen den Einträgen der Lookup-Table liegen, ebenfalls auf bekannte Interpolationsverfahren zurückgegriffen werden.

[0024] Die relativen Zeitpunkte der einzelnen Schichtbilder der späteren Messserie können damit unabhängig von der zeitlichen Lage der verwendeten Referenzbilder gewählt werden. Dadurch ist es möglich, nur eine geringe Anzahl von Referenzbildern mit großen zeitlichen Abständen für die erfindungsgemäße graphische Schichtpositionierung zu erzeugen und anschließend in der eigentlichen Untersuchung eine zeitlich relativ dichte Serie von Schichtbildern aufzunehmen. So kann zum einen die Gesamt-Untersuchungsdauer verkürzt werden. Zum anderen kann insbesondere bei einer Untersuchung mit einem Röntgen-Computertomographen die Anzahl der Referenzbilder auf ein Minimum reduziert und somit die Strahlenexpositionszeit des Patienten verringert werden.

[0025] Die Steuereinrichtung weist vorzugsweise Mittel auf, um entsprechend eine Aufnahmeserie durchzuführen, wobei der Startpunkt der Aufnahmeserie als Referenzzeitpunkt zur Ermittlung der Positionen der einzelnen Schichtbilder in Abhängigkeit von dem jeweiligen Aufnahmezeitpunkt dienen kann.

[0026] Hierbei bietet es sich an, als Referenzzeitpunkt bzw. als Startzeitpunkt den Auftretszeitpunkt eines bestimmten im oder am Objekt auftretenden Ereignisses zu wählen. Ein solches Ereignis kann beispielsweise das bereits erwähnte Einleiten eines Schluckvorgangs oder bei einer Herzuntersuchung ein bestimmtes Ereignis innerhalb der Herzbewegung sein, beispielsweise das Auftreten der typischen r- oder s-Zacke im EKG des zu untersuchenden Patienten.

[0027] Die Steuereinrichtung weist hierzu vorzugsweise entsprechende Mittel zur Bestimmung des Ereignisses am oder im Objekt als Referenzzeitpunkt auf, beispielsweise eine geeignete Messeinrichtung. Alternativ kann auch ein Signal einer externen Messeinrichtung, welche über eine Schnittstelle mit der Steuereinrichtung verbunden ist, verwendet werden. Die Messeinrichtung kann automatisch bei Eintreten des Ereignisses ein Triggersignal erzeugen, welches den Start der Aufnahmeserie auslöst.

[0028] Die Aufnahmeserie kann hierbei auch periodisch wiederholt werden. So können beispielsweise bei einer Untersuchung am Herzen mehrere Bildserien aufgenommen werden, welche jeweils innerhalb eines von einem EKG gemessenen r-r-Intervalls durchgeführt werden, wobei auch jedes Mal auf eine neue r-Zacke getriggert werden kann. Dabei ist es insbesondere nicht notwendig, dass während jeder der Bildserien die Schichtbilder immer zu den gleichen relativen Zeitpunkten, bezogen auf den Referenzzeitpunkt, durchgeführt werden, sondern es können in jeder Bildserie Schichtbildaufnahmen zu individuellen Zeitpunkten erzeugt werden, wobei jeweils die Position des Schichtbilds in Abhängigkeit von dem relativen Aufnahmezeitpunkt neu bestimmt wird.

[0029] Die erfindungsgemäße Steuereinrichtung kann zu großen Teilen in Form von geeigneter Software auf einem Rechner mit einer ausreichenden Rechenleistung realisiert werden. Dabei kann es sich um einen üblichen Rechner mit entsprechend angepassten Schnittstellen zur Steuerung der Schichtbildaufnahmeeinrichtung handeln.

[0030] Insbesondere kann die Schichtpositionsermittlungseinheit, welche anhand der Schichtpositionsmarkierungen in den Referenzbildern die genauen Positionen der Schichtbilder innerhalb des Objekts bestimmt und die Positionen in Abhängigkeit von der relativen Aufnahmezeit berechnet, in Form von Softwaremodulen auf einem Prozessor des Rechners installiert sein.

[0031] Ebenso können die Teile der Benutzerschnittstelle, welche die Bilddaten zur Darstellung auf der graphischen Benutzeroberfläche aufbereiten und welche die Befehle einer Maus, einer Tastatur oder ähnlicher Eingabeeinrichtungen in Daten umsetzen, um entsprechend die Markierungen auf der graphischen Benutzeroberfläche zu setzen, auf diesem Prozessor oder auch auf einem separaten Rechner, welcher als Terminal die Benutzerschnittstelle aufweist, realisiert sein.

[0032] Des Weiteren können die Einrichtungen zur automatischen Steuerung der Schichtbildaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme einer Referenzbildserie oder der späteren eigentlichen Untersuchungs-Bildserie, die Mittel zur Registrierung der Informationen über den relativen Zeitpunkt von Referenzbildern, die Zuordnungsmittel, um einer Schichtpositionsmarkierung den relativen Zeitpunkt eines Referenzbilds als Zeitmarke zuzuordnen, sowie die Mittel zur Ermittlung einer Positionierungsfunktion und/oder einer Referenztabelle aus den Referenzdaten in Form von Softwaremodulen realisiert sein.

[0033] Es ist daher auf relativ einfache Weise eine Veränderung von Steuereinrichtungen bereits existierender Schichtbildaufnahmeeinrichtungen möglich, so dass diese nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeiten können.

[0034] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

[0035] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Schichtbildaufnahmeeinrichtung mit einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung,

[0036] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm eines möglichen Verfahrensablaufs bei einer Planung und Durchführung einer Untersuchung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren,

- [0037] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern,
- [0038] [Fig. 4](#) eine Darstellung der Sequenz von Referenzbildern gemäß [Fig. 3](#), jeweils mit schematisch eingezeichneten Schichtpositionsmarkierungen,
- [0039] [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung der Position des zu messenden Objekts und der Position des aufzunehmenden Schichtbilds in einer Serie von zwölf einzelnen Schichtbildaufnahmen zu unterschiedlichen relativen Zeitpunkten,
- [0040] [Fig. 6](#) eine Darstellung des Messergebnisses eines EKGs zur Nutzung der r-Zacke des EKGs als Referenzzeitpunkt für eine Schichtbildaufnahme.
- [0041] Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Schichtbildaufnahmeeinrichtung **1** handelt es sich um einen Kernspintomographen **1**, in welchem sich ein zu untersuchender Patient auf einer Patientenliege befindet.
- [0042] Dieser Kernspintomograph **1** wird von einer Steuereinrichtung **2** angesteuert. Die Steuereinrichtung **2** besteht hierbei im Wesentlichen aus einem Großrechner **7** und einem Terminal **3**, welches mit dem Rechner **7** verbunden ist. Über das Terminal kann ein Bediener die Steuereinrichtung **2** bzw. den Kernspintomographen **1** bedienen. Das Terminal **3** weist hierzu eine Benutzerschnittstelle **4, 5, 6, B** auf, welche aus einem üblichen Bildschirm **6** mit einer darauf dargestellten graphischen Benutzeroberfläche **B**, einer Tastatur **4** und einer Maus **5** besteht.
- [0043] Der Kernspintomograph **1** ist hier über entsprechende Schnittstellen **12, 13** mit der Steuereinrichtung **2** verbunden. In der Realität handelt es sich dabei in der Regel um mehrere einzelne Schnittstellen, um die einzelnen Komponenten des Kernspintomographen wie Senderspule, Empfangsspule oder die einzelnen Magneten anzusteuern bzw. die Bilddaten zu empfangen. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind hier aber nur eine gemeinsame Schnittstelle **12** zur Ansteuerung des Kernspintomographen **1** und eine Schnittstelle **13** zum Empfang der Bilddaten vom Kernspintomographen **1** dargestellt.
- [0044] Alternativ kann die gesamte Steuereinrichtung **2** auch in den Kernspintomographen integriert sein.
- [0045] Der Rechner **7** der Steuereinrichtung **2** weist neben den bereits genannten Schnittstellen **12, 13** einen Prozessor **9**, beispielsweise eine CPU mit ausreichender Rechenleistung, einen Massenspeicher **10**, eine Schnittstelle **11** zur Verbindung mit dem Terminal **3** sowie eine weitere Schnittstelle **14** zur Verbindung mit einer Messeinrichtung **21**, beispielsweise einem EKG-Messgerät **21**, auf. Alle diese Komponenten sind mit einem Bus **8** untereinander verbunden.
- [0046] Auf dem Prozessor **9** laufen die zur Steuerung des Kernspintomographen **1** erforderlichen Programme ab. Die hierfür benötigte Steuerungssoftware ist in der Figur als ein Steuerungssoftwaremodul **15** strichliniert eingezeichnet. Dieses Steuerungssoftwaremodul **15** beinhaltet entsprechende Untermodule **16, 17, 18, 19, 20**, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.
- [0047] Neben den dargestellten Komponenten weist der Rechner **7** natürlich auch alle weiteren in solchen Rechnern **7** üblicherweise vorhandenen Hardware-Komponenten, beispielsweise einen ausreichenden RAM-Speicher, einen Wechsel-Datenspeicher etc. und Software-Komponenten, z. B. ein Betriebssystem etc., auf. Diese Komponenten sind der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht eingezeichnet, da der genaue Aufbau des Rechners, d. h. die Hardware- und Softwarearchitektur – soweit nicht anders erwähnt – keinen wesentlichen Einfluss auf die Erfindung hat. Ebenso wird darauf hingewiesen, dass anstelle der Verwendung eines separaten Terminals **3** die Teile der Benutzerschnittstelle wie der Bildschirm **6**, die Tastatur **4** oder die Maus **5** auch direkt an den Rechner **7** angeschlossen sein können. Ebenso kann das Terminal **3** beispielsweise als Workstation auch Aufgaben des Steuerungssoftwaremoduls **15** übernehmen. So kann das Terminal **3** beispielsweise einen eigenen Bildspeicher zur Speicherung von Referenzbildern oder dergleichen aufweisen.
- [0048] Auf der graphischen Benutzeroberfläche **B** des Terminals **3** werden zur Planung einer Messung Referenzbilder **R** dargestellt, auf denen das Objekt **O** wiedergegeben wird. Innerhalb dieser Referenzbilder **R** werden dann mit Hilfe der Maus **5** und/oder der Tastatur **4** die Positionen von nachfolgenden aufzunehmenden Schichtbildern in Form von Schichtpositionsmarkierungen **M**, hier Schnittlinien durch das Objekt **O**, festgelegt. Die Positionsdaten der Schichtpositionsmarkierungen **M** innerhalb der Referenzbilder **R** werden über die Schnittstelle **11** und den Bus **8** an die Steuerungssoftware **15** auf dem Prozessor **9** übergeben.

[0049] In einem Schichtpositionsermittlungsmodul **16**, im Folgenden GSP-Modul **16** genannt, werden die den Schichtpositionsmarkierungen M entsprechenden Positionen der gewünschten Schichtbilder im Objekt O selbst berechnet. Das Steuermodul **15** steuert dann über den Bus **8** und die Steuerungsschnittstelle **12** die einzelnen Komponenten des Kernspintomographen **1** so an, dass die Schichtbilder an den gewünschten Positionen aufgenommen werden. Die Daten der aufgenommenen Schichtbilder werden über die Schnittstelle **13** an den Rechner **7** zurückgeliefert und dort im Massenspeicher **10** hinterlegt und/oder direkt auf dem Bildschirm **6** des Terminals **3** dargestellt. Der Bediener hat jederzeit die Möglichkeit, durch entsprechende Eingaben über die Tastatur **4** oder mittels der Maus **5** innerhalb der graphischen Benutzeroberfläche, beispielsweise durch Eingaben in einem dort dargestellten Menü, beliebige Schichtbilder aus dem Massenspeicher **10** abzurufen und auf dem Bildschirm **6** darstellen zu lassen.

[0050] Um die Schichtbilder jederzeit dauerhaft, beispielsweise auf Papier oder in Form von Negativen auf einer Folie etc., ausgeben zu können, ist an die Steuereinrichtung **2** ein entsprechendes Ausgabegerät wie z. B. ein Drucker angeschlossen.

[0051] Dieses Gerät und die zugehörige Schnittstelle zum Anschluss an den Bus **8** sind jedoch in der Figur nicht dargestellt.

[0052] Im erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) weist das Steuermodul **15** ein Bildsequenzerzeugungsmodul **18**, d. h. eine weitere Unteroutine, auf, welche nach Anweisung des Bedieners über das Terminal **3** eine Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern R_1 bis R_6 erzeugt. Diesen Referenzbildern R_1 bis R_6 wird bei der Erzeugung jeweils ein relativer Aufnahmezeitpunkt zugeordnet.

[0053] In dem Flussdiagramm gemäß [Fig. 2](#) ist dies als erster Verfahrensschritt I dargestellt. In einem weiteren Verfahrensschritt II werden dann die zeitabhängigen Referenzbilder R_1 bis R_6 in das GSP-Modul **16** und/oder in den Massenspeicher **10** geladen. In dem Massenspeicher **10** befindet sich ein Referenzbildspeicher RBS, um die Serie von Referenzbildern R_1 bis R_6 dort zu speichern und von dem sie jederzeit wieder abgerufen werden können. Das GSP-Modul **16** sorgt dann dafür, dass die zeitabhängigen Referenzbilder R_1 bis R_6 automatisch oder auf Abruf des Bedieners auf der Benutzeroberfläche B des Terminals **3** dargestellt werden.

[0054] Eine solche Serie von sechs zeitabhängigen Referenzbildern R_1 bis R_6 wird in [Fig. 3](#) gezeigt. Das auf den Referenzbildern R_1 bis R_6 dargestellte Objekt O ist hier durch ein strichliniertes Ellipsoid grob schematisch dargestellt. Innerhalb des Objekts O befindet sich eine Struktur S, welche hier der Einfachheit halber als Querbalken innerhalb des unteren Drittels des Ellipsoids angedeutet ist. Jedes dieser Referenzbilder R_1 bis R_6 wurde zu einem unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkt aufgenommen, welcher innerhalb des Referenzbildes R_1 bis R_6 angegeben ist. So wurde das erste Referenzbild R_1 100 ms nach einem Referenzzeitpunkt aufgenommen, das zweite Referenzbild R_2 200 ms nach dem Referenzzeitpunkt usw.

[0055] Innerhalb des Verfahrensschritts III gemäß [Fig. 2](#) wird dann in jedem der Referenzbilder R_1 bis R_6 eine Schichtpositionsmarkierung M_1 bis M_6 gesetzt. Dies geschieht dadurch, dass der Bediener mittels der Tastatur **4** und/oder der Maus **5** auf übliche Weise Schnittlinien oder Projektionsdarstellungen innerhalb der dargestellten Referenzbilder R_1 bis R_6 einzeichnet.

[0056] Für die in [Fig. 3](#) dargestellten Referenzbilder R_1 bis R_6 ist dies schematisch in [Fig. 4](#) gezeigt. Die einzelnen Schichtpositionsmarkierungen M_1 bis M_6 sind hier als breite Balken dargestellt, welche jeweils in den einzelnen Referenzbildern R_1 bis R_6 die interessierende Struktur S des Objekts O überdecken. Somit wird später ein Schichtbild aufgenommen, welches jeweils genau diese Struktur S zeigt.

[0057] Den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen M_1 bis M_6 wird dabei automatisch der relative Aufnahmezeitpunkt des jeweiligen Referenzbildes R_1 bis R_6 als Zeitmarke TT zugeordnet. Dies geschieht in einer Zuordnungseinrichtung **19**, hier einer Unteroutine des GSP-Moduls **15**.

[0058] Die Daten der Schichtpositionsmarkierungen M_1 bis M_6 mit den zugehörigen Zeitmarken TT werden dann im GSP-Modul **16** weiterverarbeitet. Das GSP-Modul **16** weist hierzu ein weiteres Softwaremodul **20** auf, welches aus den gegebenen Schichtpositionsmarkierungen M_1 bis M_6 mit den zugehörigen Zeitmarken TT eine Lookup-Table LUT erzeugt, die z. B. innerhalb des Massenspeichers **10** hinterlegt werden kann. Eine solche Lookup-Table LUT kann beispielsweise wie folgt aussehen:

Zeit TT in ms	Ursprungsposition (LPH)	Schichtnormale (LPH)	Inplanevektor (LPH)
100	p[l, p, h] (1)	n[l, p, h] (1)	v[l, p, h] (1)
200	p[l, p, h] (2)	n[l, p, h] (2)	v[l, p, h] (2)
300	p[l, p, h] (3)	n[l, p, h] (3)	v[l, p, h] (3)
400	p[l, p, h] (4)	n[l, p, h] (4)	v[l, p, h] (4)
500	p[l, p, h] (5)	n[l, p, h] (5)	v[l, p, h] (5)
600	p[l, p, h] (6)	n[l, p, h] (6)	v[l, p, h] (6)

[0059] In der ersten Spalte ist bei diesem Ausführungsbeispiel die Zeitmarke TT eingetragen, welche den relativen Zeitpunkt angibt. Die weiteren drei Spalten geben jeweils die Positionsdaten p, n, v, an, die notwendig sind, um die Position des jeweiligen Schichtbilds eindeutig zu definieren.

[0060] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind das in der zweiten Spalte die Koordinaten eines definierten Ursprungs p der Schicht, beispielsweise des geometrischen Mittelpunkts oder eine definierte Ecke eines Schichtbilds.

[0061] In der dritten Spalte werden die Koordinaten der Schichtnormalen n, d. h. des Vektors, der aus der Schichtebene herausragt, angegeben. In den Referenzbildern R₁ bis R₆ in [Fig. 4](#) ist der Schichtnormalenvektor als senkrecht zur Schichtpositionsmarkierung M₁ bis M₆ stehender Pfeil eingezeichnet, der Ursprung ist hierbei jeweils der Schnittpunkt des Pfeils mit der Schichtpositionsmarkierung M₁ bis M₆.

[0062] Bei dem Ursprung und dem Schichtnormalenvektor handelt es sich um die Parameter, die notwendig sind, um die Position eines ebenen, planparallelen, zweidimensionalen Schichtbilds festzulegen.

[0063] Als dritter Parameter kommt in der dargestellten Lookup-Table der Inplanevektor v hinzu, welcher die Kantenorientierung des Schichtbilds charakterisiert. Es handelt sich hierbei um den Vektor, welcher die Richtung der ersten Zeile eines aufgenommenen, zweidimensionalen Schichtbildes festlegt. Dieser Inplanevektor ist ein optionaler Parameter, der prinzipiell auch konstant gehalten werden kann. Sinnvoll ist die Verwendung des Inplanevektors jedoch dann, wenn sich die zu beobachtende Struktur nicht nur quer zur Schichtbildebene bewegt, sondern auch in der Schichtbildebene rotatorische Bewegungen durchführt. Durch eine Veränderung des Inplanevektors mit der Zeit können diese rotatorischen Bewegungen ausgeglichen werden.

[0064] Sofern kompliziertere Schichtbilder, beispielsweise Hyperebenen oder Schichtbilder unterschiedlicher Dicke, aufgezeichnet werden sollen, müssen entsprechend weitere Parameter bestimmt und in die Lookup-Table eingetragen werden bzw. bei der Ermittlung einer Positionierungsfunktion berücksichtigt werden.

[0065] Die einzelnen Parameter werden in der dargestellten Lookup-Table jeweils in einem durch die Lage des Patienten definierten Koordinatensystem (LPH) angegeben. Die erste Koordinate L (Left) ist die Richtung zur linken Seite des Patienten, die zweite Koordinate P (Posterior) ist die Richtung zum Rücken des Patienten und die dritte Koordinate H (Head) verläuft in Kopfrichtung des Patienten. Der Ursprung des Koordinatensystems, bezogen auf die Anatomie des Patienten, wird durch die Messung festgelegt. Üblicherweise handelt es sich bei dem Ursprung um den Mittelpunkt des Kernspintomographen, da dort das Magnetfeld sehr homogen ist. Es wird daher der Patient so positioniert, dass der zu messende Bereich in der Nähe des Mittelpunkts des Kernspintomographen liegt. Somit liegt auch der Ursprung in der Regel in der Nähe der zu untersuchenden Struktur, beispielsweise bei Herzmessungen direkt am Herzen.

[0066] Die Lookup-Table LUT dient bei den nachfolgenden Messungen dazu, um die dort hinterlegten Positionsdaten von Schichtbildern in Abhängigkeit von der Zeit als Stützstellen zu verwenden und damit zu einer beliebigen Zeit durch Interpolation zwischen den in der Lookup-Table LUT hinterlegten Werten die jeweilige genaue Position zu ermitteln. Dies geschieht in einer Schichtberechnungseinheit **17**, hier wieder einer Unter-routine des GSP-Moduls **15**.

[0067] Im Flussdiagramm gemäß [Fig. 2](#) beginnt die eigentliche spätere Messung ab dem Verfahrensschritt V. Es wird hier die genaue Schichtposition für einen Aufnahmezeitpunkt T mit Hilfe der Referenztable LUT bestimmt. Anschließend wird exakt zum Aufnahmezeitpunkt T das Schichtbild aufgenommen.

[0068] In einem weiteren Verfahrensschritt VII wird dann geklärt, ob ein neues Schichtbild aufzunehmen ist. Wenn ja, erfolgt die neue Berechnung der Schichtposition für den neuen Zeitpunkt T wieder in Verfahrens-

schritt V usw. Sind schließlich alle gewünschten Schichtbilder aufgenommen, so wird die Messung im Verfahrensschritt VIII gestoppt.

[0069] Ein Beispiel für eine aufgenommene Messreihe ist in [Fig. 5](#) schematisch dargestellt. Es sind hier innerhalb der Messreihe insgesamt 12 Schnittbilder S_1 bis S_{12} erzeugt worden. Die jeweiligen Aufnahmezeitpunkte liegen wie bei den Referenzbildern R_1 bis R_6 zwischen 100 und 600 ms, wobei jedoch die Aufnahmezeitpunkte T nicht mit den relativen Aufnahmezeitpunkten der Referenzbilder R_1 bis R_6 , d. h. mit den Zeitmarken TT der einzelnen Schichtpositionsmarkierungen M_1 bis M_6 , übereinstimmen müssen.

[0070] Um beispielsweise für eine Untersuchung der Herzklappe einen geeigneten Referenzzeitpunkt T_0 zu wählen, bietet es sich an, das EKG des Patienten während der Untersuchung laufend zu messen und ein Ereignis innerhalb dieses EKGs als Triggersignal zur Festlegung des Referenzzeitpunkts T_0 zu verwenden. Dies ist in [Fig. 6](#) dargestellt. Das EKG zeigt hier deutlich den typischen p-q-r-s-t-Verlauf. Der deutliche Anstieg der r-Zacke bietet sich als Ereignis E an, um sowohl zunächst die Messung zur Erstellung der Serie von Referenzbildern R_1 bis R_6 als auch später die eigentliche Messung zu triggern. Bei dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel weist deshalb die Steuereinrichtung ein EKG-Gerät **21** auf, welches über die Schnittstelle **14** mit dem Rechner **7** verbunden ist. Dieses EKG-Gerät **21** registriert den Anstieg der r-Zacke und sendet ein Triggersignal TS an den Rechner **7**. Dieses Triggersignal TS wird dann als Startsignal zum Auslösen der Messung der Referenzbilder bzw. bei der späteren eigentlichen Untersuchung genutzt.

[0071] Wie diese Ausführungsbeispiele zeigen, bietet die Erfindung dem Bediener die Möglichkeit, interaktiv eine beliebige Schichtposition als Funktion der Zeit festzulegen. Hierbei sind prinzipiell keine zusätzlichen Messungen erforderlich. Dennoch kann diese Methode jederzeit mit automatischen Verfahren zur Ermittlung von Schichtpositionen verknüpft werden. So können beispielsweise mit dem bekannten üblichen Slice-Tracking-Verfahren automatisch Stützstellen vorausberechnet und innerhalb der graphischen Positionierung auf der Benutzeroberfläche angeboten werden, um das Verfahren bei der Planung einer Untersuchung zu beschleunigen. Der Bediener hat dann jederzeit die Möglichkeit, diese angebotenen Schichtpositionsmarkierungen zu akzeptieren oder beliebig zu verändern bzw. zu löschen.

[0072] Das Verfahren hat weiterhin den Vorteil, dass die Darstellung der Bewegung der zu untersuchenden Struktur mit wesentlich höherer räumlicher Auflösung und in mehreren Orientierungen durchgeführt werden kann. Daher erlaubt es eine exaktere Positionierungsmöglichkeit als andere Verfahren.

[0073] Weiterhin steht eine von Algorithmen und sonstigen Verfahren unabhängige Methode zur Vorgabe einer zeitabhängigen Schichtlage in drei Dimensionen zur Verfügung. Das Verfahren hat zusätzlich den Vorteil, dass die eigentliche Messung während der Untersuchung von einer zusätzlichen Registrierung der Position in Abhängigkeit von der Zeit befreit ist. Somit kann die eigentliche Messung schneller erfolgen.

[0074] Das Verfahren ist besonders gut bei einer Aufnahme von periodischen Bewegungen verwendbar. Insbesondere ist es aber auch im Gegensatz zu anderen Verfahren möglich, eine von periodischen Bewegungen unabhängige Schichtverschiebung zu definieren.

[0075] Die Vorgabe der Schichtpositionierung ist nicht auf zweidimensionale Ebenen beschränkt, sondern kann – wie bereits oben erwähnt – auf die Vorgabe dreidimensionaler Volumina und Hyperflächen erweitert werden. Obwohl die Erfindung überwiegend an medizinischen Beispielen erläutert wurde, ist sie jedoch nicht auf einen solchen Einsatz beschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Schichtbildaufnahmeeinrichtung (**1**) zur Aufnahme von Schichtbildern eines Objekts (O), bei welchem mittels einer graphischen Benutzeroberfläche (B) Referenzbilder (R , R_1 bis R_6) des Objekts (O) dargestellt werden und mit Hilfe von Schichtpositionsmarkierungen (M , M_1 bis M_6) innerhalb der dargestellten Referenzbilder (R , R_1 bis R_6) die Positionen von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern (S_1 bis S_{12}) bestimmt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Referenzbildern (R_1 bis R_6) zunächst eine Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) gesetzt wird, wobei den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) der Sequenz jeweils eine Zeitmarke (TT) zugeordnet ist, und unter Verwendung dieser Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) die Positionen der nachfolgend aufzunehmenden Schichtbilder (S_1 bis S_{12}) in Abhängigkeit von einem Aufnahmezeitpunkt (T) des jeweiligen Schichtbilds (S_1 bis S_{12}) relativ zu einem Referenzzeitpunkt (T_0) bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst eine Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern (R_1 bis R_6) erzeugt wird, welche das Objekt (O) zu unterschiedlichen relativen Zeitpunkten zeigen, und die Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) in dieser Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern (R_1 bis R_6) gesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass einer in einem zeitabhängigen Referenzbild (R_1 bis R_6) gesetzten Schichtpositionsmarkierung (M_1 bis M_6) der relative Zeitpunkt des jeweiligen Referenzbilds (R_1 bis R_6) als Zeitmarke (TT) zugeordnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem der zeitabhängigen Referenzbilder (R_1 bis R_6) genau eine Schichtpositionsmarkierung (M_1 bis M_6) gesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern (R_1 bis R_6) jeweils eine bestimmte aufzunehmende Struktur (S) des Objekts (O) in einer anderen Position zeigt und die Schichtpositionsmarkierung (M_1 bis M_6) in jedem der zeitabhängigen Referenzbilder (R_1 bis R_6) eine Schicht des Objekts (O) markiert, welche diese Struktur (S) des Objekts (O) umfasst.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verwendung der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) eine zeitabhängige Positionierungsfunktion und/oder eine Referenztafel (LUT) ermittelt wird, anhand derer bei einer späteren Messung die Position eines zu einem beliebigen definierten relativen Aufnahmezeitpunkt (T) aufzunehmenden Schichtbilds (S_1 bis S_{12}) bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzzeitpunkt (T_0) ein Startzeitpunkt einer Aufnahmeserie ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Referenzzeitpunkt (T_0) der Auftrittszeitpunkt eines bestimmten im oder am Objekt (O) auftretenden Ereignisses (E) gewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Ereignis (E) ein periodisch wiederkehrendes Ereignis (E) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass Ereignis (E) mittels einer Messeinrichtung (**21**) im oder am Objekt (O) gemessen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 7 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (**21**) automatisch bei Eintreten des Ereignisses (E) ein Triggersignal (TS) erzeugt, welches den Start der Aufnahmeserie auslöst.

12. Steuereinrichtung (**2**) für eine Schichtbildaufnahmeeinrichtung (**1**) zur Aufnahme von Schichtbildern eines Objekts (O) mit

– einer Benutzerschnittstelle (**4, 5, 6, B**) mit einer graphischen Benutzeroberfläche (B) zur Darstellung von Referenzbildern (R, R_1 bis R_6) des Objekts (O) und Mitteln (**4, 5**) zum Setzen von Schichtpositionsmarkierungen (M, M_1 bis M_6) innerhalb der dargestellten Referenzbilder (R_1 bis R_6),

– einer Schichtpositionsermittlungseinheit (**16**) zur Bestimmung der Positionen von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern (S_1 bis S_{12}) des Objekts (O) unter Verwendung der Schichtpositionsmarkierungen (M, M_1 bis M_6) in den Referenzbildern (R, R_1 bis R_6),

– und Steuermitteln (**14, 15**), um die Schichtbildaufnahmeeinrichtung (**1**) so anzusteuern, dass Schichtbilder (S_1 bis S_{12}) des Objekts (O) an den von der Schichtpositionsermittlungseinheit (**16**) bestimmten Positionen aufgenommen werden,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (**2**) Mittel (**18**) umfasst, um in den Referenzbildern (R_1 bis R_6) eine Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) zu setzen und dabei den einzelnen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) der Sequenz jeweils eine Zeitmarke (TT) zuzuordnen,

und dass die Schichtpositionsermittlungseinheit (**16**) derart aufgebaut ist, dass sie unter Verwendung der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) Positionen von nachfolgend aufzunehmenden Schichtbildern (S_1 bis S_{12}) in Abhängigkeit von einem Aufnahmezeitpunkt (T) des jeweiligen Schichtbilds (S_1 bis S_{12}) relativ zu einem Referenzzeitpunkt (T_0) bestimmt.

13. Steuereinrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch Mittel (**18**) zur Erzeugung einer Sequenz

von zeitabhängigen Referenzbildern (R_1 bis R_6), welche das Objekt (O) zu unterschiedlichen relativen Zeitpunkten zeigen, und zur Registrierung von Informationen über den relativen Zeitpunkt der Referenzbilder (R_1 bis R_6).

14. Steuereinrichtung nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch einen Referenzbildspeicher (RBS) zur Speicherung einer Sequenz von zeitabhängigen Referenzbildern (R_1 bis R_6), welche das Objekt (O) zu unterschiedlichen relativen Zeitpunkten zeigen, gemeinsam mit Informationen über den relativen Zeitpunkt.

15. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch Zuordnungsmittel (**19**), um einer in einem zeitabhängigen Referenzbild (R_1 bis R_6) gesetzten Schichtpositionsmarkierung (M_1 bis M_6) den relativen Zeitpunkt des Referenzbilds (R_1 bis R_6) als Zeitmarke (TT) zuzuordnen.

16. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung Mittel (**20**) aufweist, um unter Verwendung der Sequenz von zeitabhängigen Schichtpositionsmarkierungen (M_1 bis M_6) eine zeitabhängige Positionierungsfunktion und/oder eine Referenztabelle (LUT) zu ermitteln, und dass die Schichtpositionsermittlungseinheit (**16**) so aufgebaut ist, dass sie anhand der Positionierungsfunktion und/oder der Referenztabelle (LUT) bei einer späteren Messung die Position eines zu einem beliebigen definierten relativen Aufnahmezeitpunkt (T) aufzunehmenden Schichtbilds (S_1 bis S_{12}) bestimmt.

17. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch Mittel (**15**) zur Durchführung einer Aufnahmeserie, wobei der Startzeitpunkt der Aufnahmeserie der Referenzzeitpunkt (T_0) zur Ermittlung der Positionen der einzelnen Schichtbilder (S_1 bis S_{12}) in Abhängigkeit von dem jeweiligen Aufnahmezeitpunkt (T) ist.

18. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch Mittel (**14**, **21**) zur Bestimmung des Auftretenszeitpunkts eines bestimmten im oder am Objekt (O) auftretenden Ereignisses (E) als Referenzzeitpunkt (T_0)

19. Steuereinrichtung nach Anspruch 17 und 18, gekennzeichnet durch eine Messeinrichtung (**21**) zur Messung des Ereignisses (E) im oder am Objekt (O), welche automatisch bei Eintreten des Ereignisses (E) ein Triggersignal (TS) erzeugt, welches den Start der Aufnahmeserie auslöst.

20. Schichtbildaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme von Schichtbildern eines Objekts mit einer Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

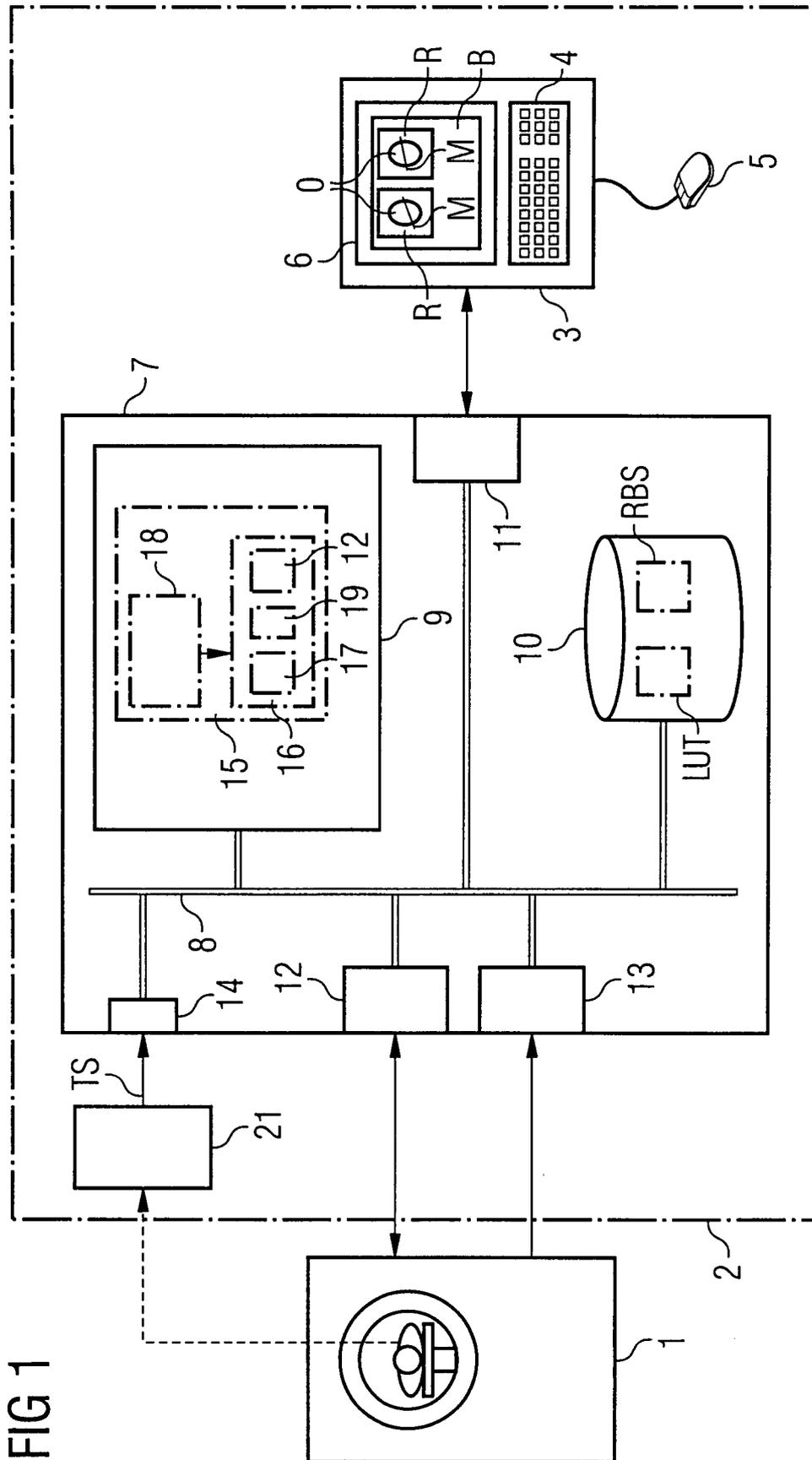


FIG 1

FIG 2

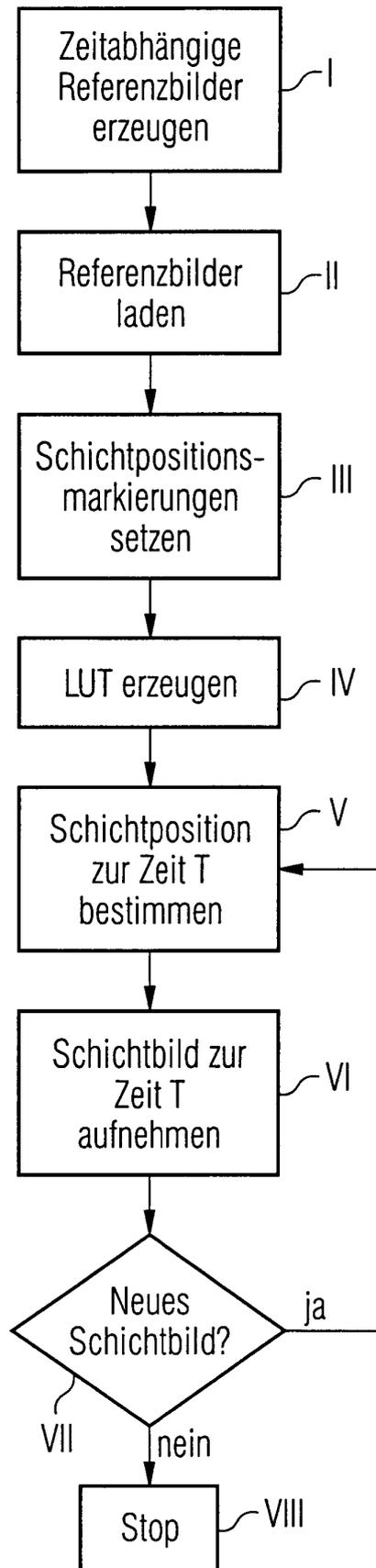


FIG 3

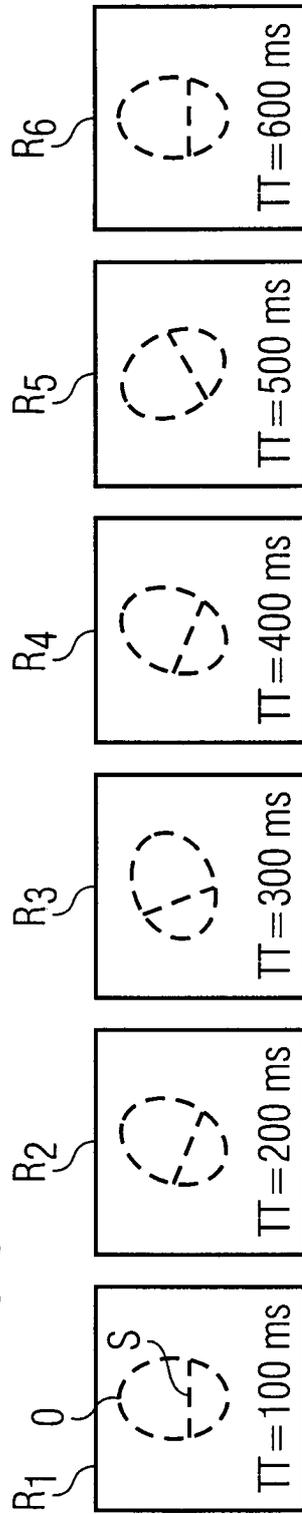
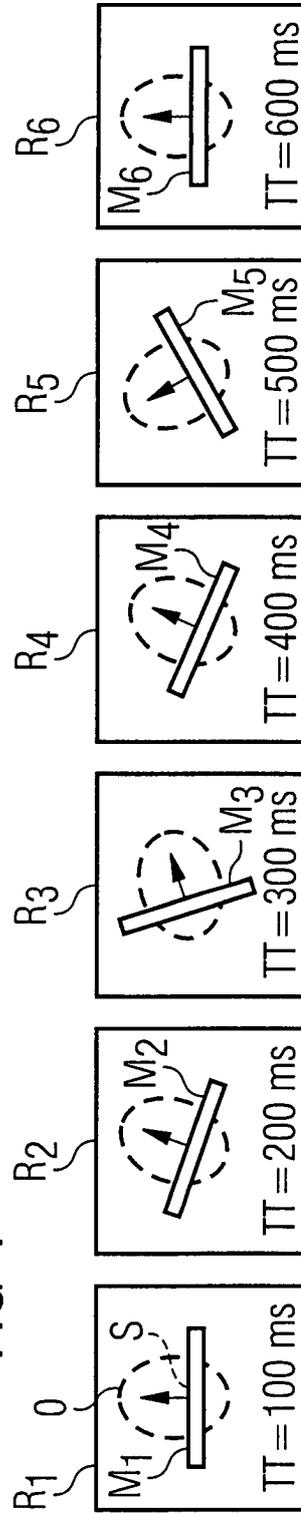


FIG 4



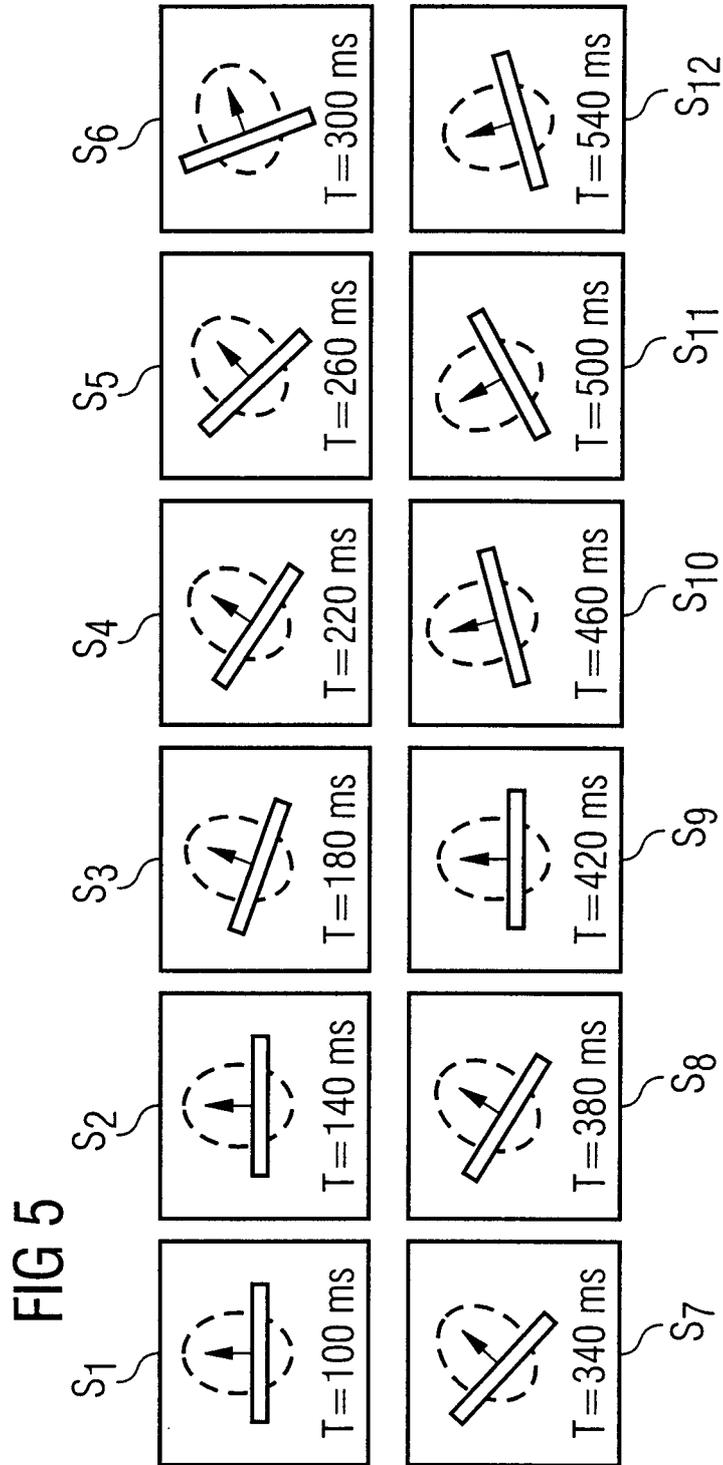


FIG 6

