



(10) **DE 10 2011 085 308 A1** 2013.05.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 085 308.1**  
(22) Anmeldetag: **27.10.2011**  
(43) Offenlegungstag: **02.05.2013**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00** (2011.01)  
**A61B 5/055** (2011.01)  
**G01R 33/54** (2011.01)  
**G01R 33/28** (2011.01)

(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Requardt, Martin, Dr., 90425, Nürnberg, DE;**  
**Rothgang, Eva, 90408, Nürnberg, DE**

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

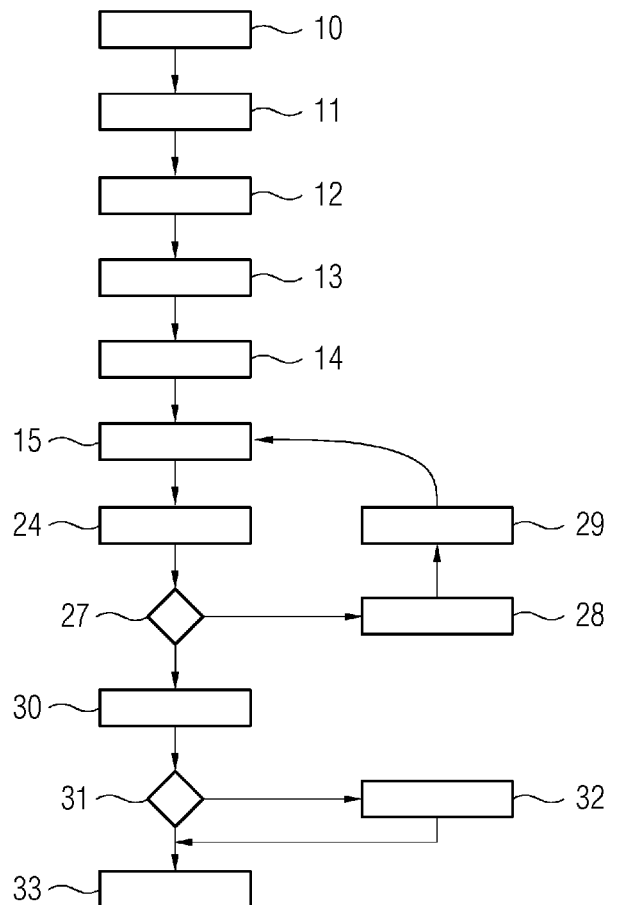
**DE 197 18 686 A1**  
**US 2003 / 0 163 040 A1**  
**US 2008 / 0 255 443 A1**  
**WO 2004/ 021 898 A1**  
**CA 2 346 613 C**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Unterstützung einer einen minimalinvasiven Eingriff durchführenden Person und  
Magnetresonanzeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Unterstützung einer einen minimalinvasiven Eingriff mit einem in einer vorbestimmten Orientierung an einem vorbestimmten Eintrittspunkt (17) in einen Patienten einzuführenden Instrument (20), insbesondere einer medizinischen Nadel, innerhalb der Patientenaufnahme (3) einer Magnetresonanzeinrichtung (1) durchführenden Person bei der Ausrichtung des Instruments (20), wobei zur Bestimmung einer aktuellen Orientierung des Instruments (20) und/oder einer Instrumentenführung Messdaten mit der Magnetresonanzeinrichtung (1) aufgenommen und zur Ermittlung der aktuellen Orientierung ausgewertet werden, eine Abweichung (25) der aktuellen Orientierung von der vorbestimmten Orientierung ermittelt wird und wenigstens ein akustisches Signal zur Unterstützung der Person in Abhängigkeit von der Abweichung (25) ausgegeben wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterstützung einer einen minimalinvasiven Eingriff mit einem in einer vorbestimmten Orientierung an einem Eintrittspunkt in einen Patienten einzuführenden Instrument, insbesondere einer medizinischen Nadel, innerhalb der Patientenaufnahme einer Magnetresonanzeleinrichtung durchführenden Person bei der Ausrichtung des Instruments sowie eine Magnetresonanzeleinrichtung.

**[0002]** Minimalinvasive Eingriffe werden heutzutage auch mit Magnetresonanzenunterstützung durchgeführt, wobei auch minimalinvasive Eingriffe bekannt sind, bei denen ein Instrument innerhalb der Patientenaufnahme einer Magnetresonanzeleinrichtung in den Patienten einzubringen ist. Dabei müssen sowohl ein zuvor geplanter Eingriffspunkt als auch eine zuvor geplante, vorbestimmte Orientierung des Instruments möglichst exakt eingehalten werden, um einen Erfolg des minimalinvasiven Eingriffs zu erreichen. Als Instrumente für einen derartigen minimalinvasiven Eingriff werden häufig medizinische Nadeln verwendet, insbesondere Untersuchungs- und/oder Behandlungsnadeln wie beispielsweise Biopsienadeln oder Ablationsnadeln.

**[0003]** Um die den Eingriff durchführende Person bei der Ausrichtung des Instruments zu unterstützen, wurden verschiedene Lösungen vorgeschlagen, die jedoch allesamt sehr aufwändig und teuer sind. So kann innerhalb des Untersuchungsraumes, in dem sich die Magnetresonanzeleinrichtung befindet, in der Patientenaufnahme auch einsehbar, ein weiterer, beispielsweise sekundärer Monitor vorgesehen werden, auf dem ein visuelles Feedback von während der Ausrichtung des Instruments aufgenommenen Magnetresonanzenaufnahmen oder eines Navigationssystems, insbesondere eines infrarotbasierten Navigationssystems, ausgegeben wird, wobei die Ausrichtung anhand der auf dem Monitor dargestellten Information erfolgt. Dies erfordert spezielle und sehr teure Hardware und verlangt gleichzeitig von der den Eingriff durchführenden Person, die Aufmerksamkeit vom Patienten weg auf einen zusätzlichen Monitor zu richten.

**[0004]** Ferner wurde vorgeschlagen, robotische Vorrichtungen, beispielsweise einen Roboterarm, für das Setzen von Instrumenten innerhalb der Patientenaufnahme einer Magnetresonanzeleinrichtung einzusetzen. Auch derartige Lösungen müssen speziell für die Magnetresonanzenumgebung entwickelt werden und sind daher aufwändig und teuer. Zudem sind robotische Einrichtungen bei vielen Ärzten, die den Eingriff aufgrund ihrer Erfahrung durchführen wollen, weniger erwünscht.

**[0005]** Instrumentenführungen, die bei der manuellen Positionierung bzw. Ausrichtung eines Patienten unterstützen, sind im Stand der Technik bereits bekannt. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung wird unter dem Namen „SeeStar“ vertrieben und wird durch WO 2004/021898 A1 näher beschrieben. Die dort beschriebene Führungseinrichtung für ein medizinisches Instrument zeichnet sich dadurch aus, dass die Justage auf den vorbestimmten Eintrittspunkt nur einmal vorgenommen wird, nachdem jegliche Änderung der Orientierung der Instrumentenführung bzw. des darin angeordneten Instruments nicht den eingestellten Eintrittspunkt verändert. Nach einer Ausrichtung auf die vorbestimmte Orientierung des Instruments kann diese Ausrichtung ebenso mittels einer Feststelleinrichtung fixiert werden, das bedeutet, die Instrumentenführung kann so fixiert werden, dass ein eingestellter vorbestimmter Eintrittspunkt und später eine eingestellte Orientierung erhalten bleiben.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Unterstützungsverfahren bei der Ausrichtung eines Instruments innerhalb der Patientenaufnahme einer Magnetresonanzeleinrichtung anzugeben, welches aufwandsarm und kostengünstig zu realisieren ist und bei dem die Aufmerksamkeit des Arztes auf dem Patienten verbleiben kann.

**[0007]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass zur Bestimmung einer aktuellen Orientierung des Instruments und/oder einer Instrumentenführung Messdaten mit der Magnetresonanzeleinrichtung aufgenommen und zur Ermittlung der aktuellen Orientierung ausgewertet werden, eine Abweichung der aktuellen Orientierung von der vorbestimmten Orientierung ermittelt wird und wenigstens ein akustisches Signal zur Unterstützung der Person in Abhängigkeit von der Abweichung ausgegeben wird.

**[0008]** Das vollkommen automatisch, beispielsweise durch eine Steuereinrichtung der Magnetresonanzeleinrichtung, durchgeführte erfindungsgemäße Verfahren schlägt also vor, eine akustische Führung der den Eingriff durchführenden Person hin zu der vorbestimmten Orientierung vorzusehen. Es werden also ausschließlich akustische Signale ausgegeben, so dass kein visuelles Feedback, beispielsweise in Form eines aufwändigen und teuren sekundären Monitors, mehr erforderlich ist. MR-kompatible im Raum der Magnetresonanzeleinrichtung angeordnete Anzeigevorrichtungen sind mithin nicht unbedingt erforderlich. Die den Eingriff zuführende Person muss ihre Aufmerksamkeit wenigstens während der Einstellung der Orientierung nicht von dem Patienten abwenden, um ein weiteres Anzeigemittel zu nutzen, nachdem die akustischen Signale auch bei voller Konzentration auf den Eingriffsbereich, insbesondere den Eintrittspunkt und das Instrument, wahrgenommen wer-

den können. Es sei jedoch angemerkt, dass es durchaus möglich ist, auch im Rahmen der Erfindung dennoch eine Anzeigevorrichtung zur weiteren Information einer den Eingriff durchführenden Person vorzusehen und zu verwenden, beispielsweise auch dann, wenn ein idealer Eintrittspunkt unter Echtzeitbildgebung erst noch gefunden werden soll.

**[0009]** Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Vorgehens sind, dass eine zielgerichtete Navigation ohne die Notwendigkeit für zusätzliche Hardware oder speziell ausgelegte Visualisierungsplattformen möglich ist. Wird vermieden, weitere Hardware einzusetzen, fallen zusätzlich Sterilisationsschritte weg.

**[0010]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann dabei vorgesehen sein, dass das akustische Signal durch eine Komponente der Magnetresonanzeleinrichtung ausgegeben wird. Es ist mithin kein zusätzlich vorzusehendes akustisches Ausgabemittel notwendig, so dass keine neue Hardware benötigt wird, um das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen, welches dann allein durch die Magnetresonanzeleinrichtung, insbesondere mittels einer Steuereinrichtung, durchgeführt werden kann. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Komponente ein akustisches Ausgabemittel zur Kommunikation mit einem Patienten oder bevorzugt eine Gradientenspulenordnung der Magnetresonanzeleinrichtung ist oder umfasst. Mit besonderem Vorteil kann also eine Gradientenspulenordnung so angesteuert werden, dass der durch diese ohnehin erzeugte Geräuschhintergrund so angepasst wird, dass das akustische Signal entsteht. Gradientenspulen weisen eine akustische Kopplung zu weiteren strukturellen Komponenten der Magnetresonanzeleinrichtung, insbesondere zu Verkleidungsteilen, auf, so dass der Ansteuerung der Gradientenspulen entsprechende Geräusche entstehen. Modifiziert man mithin die Ansteuerung der Gradientenspulen, beispielsweise durch Hinzufügung zusätzlicher Gradientenpulse in Aufnahmepausen, so können verschiedenste Geräusche und mithin akustische Signale genutzt werden. Die Gradientenspulenordnung wirkt dann letztlich – gemeinsam mit strukturellen Komponenten der Magnetresonanzeleinrichtung – als Lautsprecher. Die Modulierung der Gradientengeräusche erlaubt mithin eine einfache Kommunikation mit der den Eingriff durchführenden Person. So kann beispielsweise durch Modulation der Gradientenpulse eine ähnliche Kommunikation wie in Einparksystemen in Kraftfahrzeugen realisiert werden, so dass die Notwendigkeit zusätzlicher Vorrichtungen/Hardware vermieden wird. So kann in konkreter, beispielhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass zur Erzeugung des akustischen Signals eine Repetitionszeit bei der Ansteuerung der Gradientenspulenordnung in Abhängigkeit der Abweichung gewählt wird. Die akustischen Geräusche der Gradientenspulenordnung können also beispielsweise zu

dem akustischen Signal verändert werden, indem die Repetitionszeit (TR) verändert wird, so dass niedrigere oder höhere Tonlagen (Tonfrequenzen) abhängig von der Abweichung von dem vordefinierten Instrumentenpfad erzeugt werden können. Werden beispielsweise Repetitionszeiten im Bereich von 1–5 ms verwendet, so lassen sich Frequenzen im Bereich von 200–1000 Hz erzielen. Beispielsweise kann hier vorgesehen sein, dass die den Eingriff durchführende Person danach streben soll, den höchstmöglichen Ton zu erreichen. Mit abnehmender Abweichung steigt mithin die Tonfrequenz/die Tonlage des Tons, der als akustisches Signal durch die Gradientenspulenordnung ausgegeben wird. Selbstverständlich sind jedoch auch andere Ansteuerungen der Gradientenspulenordnung zur Ausgabe eines akustischen Signals möglich, beispielsweise zur Ausgabe eines unterbrochenen akustischen Signals, insbesondere eines mit einer bestimmten Wiederholfrequenz wiederholten Tons und dergleichen.

**[0011]** Alternativ kann auch ein ohnehin als Teil der Magnetresonanzeleinrichtung realisiertes akustisches Ausgabemittel eingesetzt werden, beispielsweise ein in der Patientenaufnahme ohnehin vorgesehener Lautsprecher zur Kommunikation mit dem Patienten und/oder ein Kopfhörer, der beispielsweise an eine Kommunikationsvorrichtung angeschlossen wird, die ebenso zur Kommunikation mit dem Patienten dient. Beispielsweise kann über einen entsprechenden Verteiler ein Kopfhörer für den Patienten und ein weiterer Kopfhörer für die den Eingriff durchführende Person vorgesehen werden, wobei ein derartiges zur Kommunikation mit einem Patienten vorgesehene dediziertes akustisches Ausgabemittel eine feinere Abstufung der akustischen Signale und differenziertere akustische Signale erlaubt. Dabei kann es vorkommen, dass die akustischen Signale auch unmittelbar dem Patienten zur Kenntnis gebracht werden, es sind jedoch aus Ausgestaltungen und Situationen denkbar, in denen der Patient die akustischen Signale nicht hört, beispielsweise, wenn dieser Ohrstöpsel oder dergleichen verwendet und die den Eingriff durchführende Person das akustische Ausgabemittel allein nutzen kann.

**[0012]** Zur Ausgabe der akustischen Signale bietet sich auch ein optisches Magnetresonanz-Kommunikationssystem an, wie es beispielsweise unter dem Namen „IMROC“ von der Firma Optoacoustics Ltd., Israel, vertrieben wird. Dabei sind Vorkehrungen getroffen, dass ein Patient und eine den Eingriff durchführende Person nicht mehr den Geräuschen der Magnetresonanzeleinrichtung unterworfen sind, wobei durch adaptive Geräuschreduzierung in den Kopfhörern eine vereinfachte Kommunikation ermöglicht ist.

**[0013]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann, wie bereits bezüglich der Nutzung der Gradientenspulenordnung als

Ausgabemittel für das akustische Signal diskutiert, vorgesehen sein, dass als akustisches Signal ein Ton mit einer von der Abweichung abhängigen Wiederholffrequenz und/oder einer von der Abweichung abhängigen Tonlage ist. Auf diese Weise wird ein einfach zu interpretierendes Signal geschaffen, ohne dass komplexe Anweisungen ausgegeben werden müssen. Intuitiv kann sich die den Eingriff durchführende Person nach dem sich bei Änderung der Orientierung ändernden Signal orientieren, ohne ihre Aufmerksamkeit von dem Eingriffsgebiet am Patienten entfernen zu müssen.

**[0014]** Konkret kann, insbesondere bei der Verwendung einer Gradientenspulenordnung der Magnetresonanzeinrichtung zur Ausgabe des akustischen Signals, als akustisches Signal ein Ton mit einer von der Abweichung abhängigen Tonlage verwendet werden, wobei bei einer Abweichung von Null ein Ton mit einer höchsten oder niedrigsten Tonlage erreicht wird. Beispielsweise kann also vorgesehen sein, dass, je näher sich die aktuelle Orientierung an der vorbestimmten Orientierung befindet, die Tonlage des Tons und mithin die Tonfrequenz ansteigt, wobei das Ziel ein möglichst hoher Ton ist. Hierzu kann die den Eingriff durchführende Person beispielsweise zunächst in einer „oben-unten-Richtung“ den höchstmöglichen Ton auffinden, um dann durch links-rechts-Bewegung des Instruments, der Instrumentenführung oder eines Instrumentenersatzes auch in dieser Richtung eine optimale Einstellung aufzufinden, wobei an dieser Stelle darauf hingewiesen sei, dass zur Feinjustage auch eine „Rückschaltung“ auf eine andere Umsetzungsskala der Abweichung in die Tonlage vorgenommen werden kann, wo dann wiederum der höchste Ton aufgefunden werden muss. Diese Ausgestaltung lässt sich besonders einfach über eine entsprechende Ansteuerung der Gradientenspulenordnung erzielen, beispielsweise durch eine Veränderung der Repetitionszeit.

**[0015]** In einer zweiten konkreten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass als akustisches Signal ein mit einer von der Abweichung abhängigen Wiederholffrequenz derart wiederholter Ton verwendet wird, dass die Wiederholffrequenz mit abnehmender Abweichung steigt und bei einer Abweichung von Null ein Dauerton erreicht ist. Auf diese Weise ist es möglich, die akustische Rückmeldung bezüglich der Orientierung ähnlich einer Einparkhilfe bei einem Kraftfahrzeug vorzusehen, die der den Eingriff durchführenden Person bereits aus dem Alltag bekannt ist und bei welcher mit abnehmendem Abstand die Wiederholffrequenz eines Tons ständig zunimmt, bis schließlich ein Dauerton erreicht ist.

**[0016]** Zur Nachverfolgung der Abweichung der aktuellen Orientierung von der vorbestimmten Orientierung kann eine kontinuierliche oder zyklische Auf-

nahme von Messdaten erfolgen. Zur Aufnahme der Messdaten wird grundsätzlich ein relativ schnelles Messprotokoll verwendet, da es nur wesentlich ist, in den aufgenommenen Magnetresonanzbildern die aktuelle Position des Instruments oder der Instrumentenführung oder eines Instrumentenersatzes deutlich genug erkennen zu können, um hieraus eine aktuelle Orientierung abzuleiten. Beispielsweise sind Akquisitionszeiten von 100–300 ms realisierbar. Eine zyklische Aufnahme von Messdaten bietet sich dann an, wenn die Gradientenspulenordnung auch zur Ausgabe des akustischen Signals verwendet wird. Dann kann vorgesehen sein, dass eine zyklische Aufnahme von Messdaten erfolgt, wobei in den Aufnahmepausen eine Ansteuerung der Gradientenspulenordnung zur Ausgabe des akustischen Signals erfolgt. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Aufnahme von Messdaten innerhalb einer Zeitspanne von 100–400 ms, bevorzugt 200–300 ms, erfolgt, worauf eine Aufnahmepause von 600–1200 ms, bevorzugt 700–800 ms, erfolgt, in der eine Ansteuerung der Gradientenspulenordnung zur Ausgabe des akustischen Signals erfolgen kann. Bevorzugt kann die Aufnahmedauer der Messdaten und die Dauer der Aufnahmepausen so gewählt werden, dass sich insgesamt eine Sekunde ergibt, mithin in sekundlichem Abstand eine neue, aktuelle Abweichung ermittelt werden kann.

**[0017]** Zur konkreten Ermittlung der aktuellen Orientierung anhand der Messdaten kann vorgesehen sein, dass zwei Schichtbilder in parallelen oder senkrecht aufeinander stehenden Schichten aufgenommen werden, die ein das Instrument und/oder die Instrumentenführung und/oder einen zum Ausrichten der Instrumentenführung anstatt des Instruments in die Instrumentenführung eingesetzten, in Magnetresonanzbildern sichtbaren Instrumentenersatz zeigen, wobei das Instrument und/oder die Instrumentenführung und/oder der Instrumentenersatz in den Bildern lokalisiert werden und aus der Lokalisierung die aktuelle Orientierung bestimmt wird. Zur im Wesentlichen in Echtzeit vorzunehmenden Detektion der aktuellen Orientierung wird also eine automatische Instrumentenlokalisierung in mit einer schnellen Bildaufnahmetechnik aufgenommenen Magnetresonanzbildern vorgeschlagen. Beispielsweise ist es hierbei möglich, das Instrument, beispielsweise die Nadel, die Instrumentenführung oder den Instrumentenersatz in zwei in parallelen Ebenen aufgenommenen Schichtbildern zu lokalisieren, so dass die Richtung des Instruments und mithin dessen Orientierung im Raum bekannt sind. Denkbar sind jedoch auch projektionsartige Magnetresonanzbilder, also in Schichten mit einer großen, beispielsweise den gesamten Patienten umfassenden Dicke aufgenommene Schichtbilder, die senkrecht aufeinander stehen, wobei aus den jeweiligen Projektionen die Position und die Orientierung des Instruments im Raum ermittelt werden kann. Derartige Vorgehensweisen sind grundsätzlich

bekannt und müssen daher hier nicht näher dargelegt werden.

**[0018]** Wie bereits angedeutet, ist es wichtig, dass ein zur Ermittlung der aktuellen Orientierung der Instrumentenführung bzw. des Instruments in den Messdaten der Magnetresonanzeinrichtung detektiertes Objekt auch deutlich in diesem zu sehen sein muss. In einer einfach möglichen Ausgestaltung ist es dabei denkbar, dass ein mit wenigstens einem in Magnetresonanzbildern sichtbaren Marker versehenes Instrument verwendet wird. Beispielsweise ist es denkbar, einen in der Magnetresonanz sichtbaren, beispielsweise mit Wasser gefüllten Schlauch um das Instrument, beispielsweise die Nadel, anzuordnen, welcher dann in den Magnetresonanzbildern leicht detektierbar ist. Möglich ist es aber auch, die Instrumentenführung entsprechend mit in der Magnetresonanzbildgebung sichtbaren Markern zu versehen.

**[0019]** Vorteilhaft im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist der Einsatz einer Ausrichtungseinrichtung, in der eine eingestellte Orientierung einer Instrumentenführung fixiert werden kann, beispielsweise nach Art der eingangs bereits genannten WO 2004/021898 A1. In diesem Zusammenhang kann mit besonderem Vorteil vorgesehen sein, dass zur Ausrichtung des Instruments eine in einer eingestellten Orientierung fixierbare Ausrichtungseinrichtung verwendet wird, wobei zur Einstellung der vorbestimmten Orientierung ein in Magnetresonanzbildern sichtbarer Instrumentenersatz in die Ausrichtungseinrichtung eingesetzt wird, wobei nach Einstellung der vorbestimmten Orientierung die Ausrichtungseinrichtung in dieser fixiert wird und das Instrument eingesetzt wird. Es kann also eine Ausrichtungseinrichtung verwendet werden, wie sie beispielsweise unter dem Namen „SeeStar“ vertrieben wird, welche eine in ihrer Orientierung verstellbare Instrumentenführung aufweist, wobei eine eingestellte Orientierung fixierbar ist. Das in WO 2004/021898 A1 beschriebene System kann magnetresonanzkompatibel realisiert werden und kann mit einem in Magnetresonanzbildern sichtbaren Instrumentenersatz ausgestattet werden, beispielsweise einer wassergefüllten Handspritze. Ist die Ausrichtung der Instrumentenführung unter akustischer Führung der vorbestimmten Orientierung angepasst und fixiert, kann der Instrumentenersatz durch das tatsächliche Instrument ersetzt werden, um schließlich den Eingriff vorzunehmen.

**[0020]** In weiterer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann vorgesehen sein, dass zur Markierung des vorbestimmten Eintrittspunktes und/oder eines Gebietes für den Eintrittspunkt auf dem Patienten eine Lasereinrichtung verwendet wird. Hierzu kann also eine außerhalb der Patientenaufnahme angeordnete Laserlichtquelle verwendet werden, die ei-

nen Lichtpunkt an der Stelle des vorbestimmten Eingriffspunktes erzeugt.

**[0021]** Neben dem Verfahren betrifft die Erfindung auch eine Magnetresonanzeinrichtung, umfassend eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildete Steuereinrichtung. Insbesondere dann, wenn die Magnetresonanzeinrichtung als Komponente ein akustisches Ausgabemittel zur Kommunikation mit einem Patienten und/oder eine Gradientenspulenordnung umfasst, können diese als akustisches Ausgabemittel für das akustische Signal verwendet werden, so dass keine zusätzlichen Geräte mehr notwendig sind und das erfindungsgemäße Verfahren vollautomatisch auf der Steuereinrichtung ablaufen kann, welche dann das entsprechende akustische Ausgabemittel als Komponente der Magnetresonanzeinrichtung ansteuert. Auch zur Auswertung der Messdaten ist die Steuereinrichtung dann ausgebildet. Sämtliche Ausführungen bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich analog auf die erfindungsgemäße Magnetresonanzeinrichtung übertragen, so dass sich auch hier die bereits beschriebenen Vorteile erreichen lassen.

**[0022]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

**[0023]** Fig. 1 eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Magnetresonanzeinrichtung,

**[0024]** Fig. 2 einen Ablaufplan eines das erfindungsgemäße Verfahren umfassenden Eingriffs, und

**[0025]** Fig. 3 eine Skizze zur Ermittlung der aktuellen Orientierung.

**[0026]** Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Magnetresonanzeinrichtung **1** in einer Prinzipskizze. Sie umfasst, wie allgemein bekannt, eine Hauptmagneteinheit **2**, die auch die supraleitenden Spulen zur Erzeugung des Grundmagnetfelds umfasst. In eine Patientenaufnahme **3** der Hauptmagneteinheit **2** ist eine Patientenliege **4** einfahrbar, auf der ein zu untersuchender und/oder zu behandelnder Patient gelagert werden kann. Zur Kommunikation mit dem Patienten innerhalb der Patientenaufnahme **3** ist ein akustisches Ausgabemittel **5** vorgesehen, welches als ein Kopfhörer oder ein Lautsprecher ausgebildet sein kann.

**[0027]** Die Patientenaufnahme **3** umschließend sind als weitere Komponenten der Magnetresonanzeinrichtung eine Hochfrequenzspulenordnung **6** und eine Gradientenspulenordnung **7** vorgesehen, deren genaue Funktion im üblichen Aufnahmebetrieb im Stand der Technik bereits hinreichend bekannt ist und hier nicht näher dargelegt werden muss.

**[0028]** Gesteuert wird der Betrieb der Magnetresonanzeleinrichtung **1** von einer zentralen Steuereinrichtung **8**, die auch zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist.

**[0029]** Mit der Magnetresonanzeleinrichtung **1** soll es auch möglich sein, minimalinvasive Eingriffe mittels eines Instruments, im Beispiel einer medizinischen Behandlungsnadel, durchzuführen, während sich der Patient innerhalb der Patientenaufnahme **3** befindet. Um einen vorbestimmten Eintrittspunkt für die Nadel auf dem Patienten innerhalb der Patientenaufnahme **3** markieren zu können, ist ferner eine Lasereinrichtung **9** vorgesehen, welche außerhalb der Patientenaufnahme **3** oder aber auch ortsfest innerhalb der Patientenaufnahme **3**, vorzugsweise im Bereich des Isozentrums, angeordnet sein kann. Ist die Lasereinrichtung **9** innerhalb der Patientenaufnahme **3** vorgesehen oder befindet sich die Patientenliege **4** zu dem Zeitpunkt, zu dem der Eintrittspunkt eingestellt oder auf dem Patienten markiert werden soll, außerhalb der Patientenaufnahme **3**, kann eine Verstellung der Anzeige auf dem Patienten auch durch Verfahren der Patientenliege **4** erfolgen.

**[0030]** Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass die Lasereinrichtung **9** einen Eintrittspunkt nicht exakte markieren können muss, sondern es auch denkbar ist, ein Gebiete, beispielsweise eine gute Abschätzung, für den Eintrittspunkt zu markieren, wobei dann der tatsächlich gewollte Eintrittspunkt anhand von Echtzeitbildgebung exakt in dem Gebiet gewählt werden kann.

**[0031]** **Fig. 2** zeigt nun wesentliche Schritte bei der Vorbereitung des eigentlichen Eingriffs, wobei bei der Ausrichtung der Nadel eine Unterstützung der den Eingriff durchführenden Person mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt, welches vollkommen automatisch über die Steuereinrichtung **8** ablaufen kann.

**[0032]** Voraus geht jedoch die Planung des Eingriffes, wozu in einem Schritt **10** ein dreidimensionaler Planungsdatensatz aufgenommen wird. Dieser wird dann in einem Schritt **11** genutzt, um die Trajektorie bzw. den Weg der Nadel im Voraus zu planen. Hieraus ergibt sich zwangsläufig ein gewünschter Eintrittspunkt und eine gewünschte Eintrittsorientierung, die in der weiteren Beschreibung als vorbestimmter Eintrittspunkt und vorbestimmte Orientierung bezeichnet werden sollen, nachdem sie die Größen sind, nach denen sich nun die tatsächliche Platzierung des Instruments, also der Nadel, richtet.

**[0033]** Um die den Eingriff durchführende Person zu unterstützen, wird zunächst in einem Schritt **12** eine Anordnung so getroffen, dass der Laserlichtpunkt der Lasereinrichtung **9** den vorbestimmten Eintrittspunkt auf dem Patienten markiert. Dies kann durch Verstel-

len der Lasereinrichtung **9** und/oder der Patientenliege **4** erfolgen.

**[0034]** Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel wird nun eine Führungs- und Ausrichtungseinrichtung verwendet, wie sie auch in der WO 2004/021898 A1 beschrieben ist. Diese wird nun in einem Schritt **13** auf den Patienten aufgesetzt, so dass der vorbestimmte Eintrittspunkt als Eintrittspunkt einer in der Instrumentenführung der Ausrichtungseinrichtung geführten Nadel festgelegt ist, denn bei der verwendeten Ausrichtungseinrichtung ist es möglich, ohne, dass sich der bereits festgelegte Eintrittspunkt verändert, die Orientierung der Instrumentenführung (und mithin des zu führenden Instruments) beliebig zu ändern.

**[0035]** Befindet sich der Patient noch nicht in der Patientenaufnahme **3**, so kann er nun mittels der Patientenliege **4** in diese eingefahren werden. Um nun auch die Instrumentenführung so auszurichten, dass die vorbestimmte Orientierung für das Instrument erreicht wird, wird nun das erfindungsgemäße Verfahren zur Unterstützung der den Eingriff durchführenden Person bei der Ausrichtung des Instruments durchgeführt. Nachdem die Nadel selber und die Instrumentenführung der Ausrichtungseinrichtung im hier dargestellten Ausführungsbeispiel nicht in Magnetresonanzbildern sichtbar sind, wird zunächst in die Instrumentenführung ein Instrumentenersatz eingesetzt, Schritt **14**. Möglich ist es aber auch, ein ohnehin in Magnetresonanzbildern sichtbares Instrument zu verwenden oder das Instrument und/oder die Instrumentenführung mit in Magnetresonanzbildern sichtbaren Markern zu versehen, beispielsweise eine wassergefüllte Umhüllung für eine Nadel zu verwenden oder dergleichen.

**[0036]** In einem Schritt **15** wird nun die aktuelle Orientierung des Instruments, der Instrumentenführung oder des Instrumentenersatzes aus Messdaten der Magnetresonanzeleinrichtung **1** bestimmt, was durch die Darstellung in **Fig. 3** näher erläutert werden soll. Gezeigt ist schematisch der Patient **16**, auf dessen Oberfläche sich der vorbestimmte Eintrittspunkt **17** befindet. Die vorbestimmte Orientierung ist durch eine gestrichelte Linie **18** dargestellt. Auf den Patienten **16** aufgesetzt ist bereits die Ausrichtungseinrichtung **19**, so dass durch eine in deren Instrumentenführung eingesetzte Nadel als Instrument **20** in jedem Fall der vorbestimmte Eintrittspunkt **17** getroffen wird. Die Orientierung des Instruments **20** (bzw. des Instrumentenersatzes, wobei im Beispiel der **Fig. 3** jedoch das mit einem Magnetresonanzen-Marker **21** versehene Instrument **20** betrachtet werden soll) kann beliebig verstellt werden, ohne dass sich die Einstellung auf den vorbestimmten Eintrittspunkt **17** noch ändert.

**[0037]** Es werden nun durch die Magnetresonanzeleinrichtung **1** zwei Schichtbilder in parallelen Schich-

ten **22** aufgenommen, in denen über den Marker **21** das Instrument **20** lokalisierbar ist, vorliegend dargestellt durch die Punkte **23**, aus denen mithin in Schritt **15** die Orientierung des Instruments **20** ableitbar ist.

**[0038]** Selbstverständlich lässt sich das beschriebene Vorgehen auch auf einen Instrumentenersatz oder eine mit entsprechenden Markern versehene Instrumentenführung der Ausrichtungseinrichtung **19** übertragen. Weiterhin sind selbstverständlich auch alternative Möglichkeiten denkbar, die aktuelle Orientierung des Instruments **20** (bzw. der Instrumentenführung oder des Instrumentenersatzes) zu bestimmen, beispielsweise die Aufnahme besonders dicker, projektiartiger und senkrecht aufeinander stehender Schichten.

**[0039]** In einem Schritt **24** (Fig. 2) wird dann die Abweichung **25** der aktuellen Orientierung des Instruments **20**, beschrieben durch die gestrichelte Linie **26**, von der vorbestimmten Orientierung, beschrieben durch die gestrichelte Linie **18**, ermittelt, im Beispiel der Fig. 3 als ein Winkel.

**[0040]** In einem Schritt **27** wird dann überprüft, ob die Abweichung gering genug ist oder gar keine Abweichung gegeben ist, wobei, wenn eine von Null verschiedene Abweichung vorliegt, in einem Schritt **28** ein akustisches Signal als akustisches Feedback ausgegeben wird, wobei das akustische Signal von der ermittelten Abweichung **25** abhängt.

**[0041]** Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das akustische Signal dabei über die Gradientenspulenordnung **7** als Komponente der Magnetresonanzeinrichtung **1** ausgegeben. Vorliegend wird von einer Messdatenaufnahme in Schritt **15** ausgegangen, die etwa 200 ms lang dauert. Während der Aufnahme der Messdaten wird die Gradientenspulenordnung **7** entsprechend dem notwendigen Messprotokoll durch die Steuereinrichtung **8** betrieben. Hernach jedoch wird sie zur Ausgabe des akustischen Signals genutzt, vorliegend für eine Dauer von 800 ms. Hierzu wird bei der Ansteuerung der Gradientenspulenordnung **7** die Repetitionszeit in Abhängigkeit der Abweichung **25** derart verändert, dass durch die Wechselwirkung der Gradientenspulenordnung **7** mit strukturellen Komponenten der Magnetresonanzeinrichtung **1** ein Ton einer bestimmten Tonlage als akustisches Signal entsteht, wobei die Tonlage dann entsprechend von der Abweichung **25** abhängt und der Ton mit sinkender Abweichung **25** immer höher wird. Beispielsweise kann mit Repetitionszeiten von 5 ms (Tonfrequenz 200 Hz) bis 1,5 ms (Tonfrequenz 700 Hz) gearbeitet werden. Es erfolgt also zyklisch eine Aufnahme von Messdaten (Schritt **15**), wobei in den Aufnahmepausen die Gradientenspulenordnung **7** zur Ausgabe des akustischen Signals angesteuert wird.

**[0042]** Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass es selbstverständlich auch andere Varianten zur Ausgabe des akustischen Signals gibt, so dass das akustische Signal beispielsweise dann, wenn differenzierte akustische Signale gewünscht werden, über das akustische Ausgabemittel **5** erzeugt werden kann. Denkbar ist es ferner, eine anderweitig intuitive Führung durch Ausgabe eines akustischen Signals zu erzeugen, so dass nicht zwangsläufig das Erhalten einer maximalen Tonhöhe das Ziel für die den Eingriff durchführende Person darstellen muss. Beispielsweise kann ein Ton mit einer speziellen Wiederholfrequenz wiedergegeben werden, die mit Annäherung an die vorbestimmte Orientierung steigt, so dass sich bei Übereinstimmung letztlich ein Dauerton ergibt, wie dies von Einparkhilfen bei Kraftfahrzeugen bekannt ist. Auch hierdurch kann eine äußerst intuitive Führung der den Eingriff durchführenden Person erfolgen.

**[0043]** In einem Schritt **29** besteht für die den Eingriff durchführende Person mithin die Möglichkeit, die aktuelle Orientierung des Instruments **20** /der Instrumentenführung/des Instrumentenersatzes anzupassen, so dass sich die Abweichung **25** und somit auch das akustische Signal ändern. Beispielsweise kann die den Eingriff durchführende Person die Ausrichtung erst in einer „oben-unten-Richtung“ optimieren, um dann eine Optimierung in „links-rechts-Richtung“ zu erreichen.

**[0044]** Wird nun festgestellt, Schritt **27**, dass die vorbestimmte Orientierung erreicht ist, so wird in einem Schritt **30** die eingestellte Orientierung an der Ausrichtungseinrichtung **19** fixiert.

**[0045]** In Schritt **31** wird überprüft, ob ein Instrumentenersatz anstatt des Instruments **20** verwendet wurde. Falls ja, wird in einem Schritt **32** der Instrumentenersatz durch das Instrument **20** ersetzt. In einem Schritt **33** kann schließlich der minimalinvasive Eingriff erfolgen.

**[0046]** Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass zur genaueren Einstellung der vorbestimmten Orientierung auch mehrstufig vorgegangen werden kann, indem bei Unterschreitung eines Grenzwertes für die Abweichung **25** auf eine andere Abhängigkeit des akustischen Signals von der Abweichung **25** übergegangen wird, insbesondere im Sinne einer Skalierung, so dass danach eine Feinjustage erfolgen kann.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2004/021898 A1 [0005, 0019, 0034]



### Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung einer einen minimalinvasiven Eingriff mit einem in einer vorbestimmten Orientierung an einem Eintrittspunkt (17) in einen Patienten einzuführenden Instrument (20), insbesondere einer medizinischen Nadel, innerhalb der Patientenaufnahme (3) einer Magnetresonanzeleinrichtung (1) durchführenden Person bei der Ausrichtung des Instruments (20), **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung einer aktuellen Orientierung des Instruments (20) und/oder einer Instrumentenführung Messdaten mit der Magnetresonanzeleinrichtung (1) aufgenommen und zur Ermittlung der aktuellen Orientierung ausgewertet werden, eine Abweichung (25) der aktuellen Orientierung von der vorbestimmten Orientierung ermittelt wird und wenigstens ein akustisches Signal zur Unterstützung der Person in Abhängigkeit von der Abweichung (25) ausgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das akustische Signal durch eine Komponente der Magnetresonanzeleinrichtung (1) ausgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente ein akustisches Ausgabemittel (5) zur Kommunikation mit einem Patienten oder bevorzugt eine Gradientenspulenordnung (7) der Magnetresonanzeleinrichtung (1) ist oder umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des akustischen Signals eine Repetitionszeit bei der Ansteuerung der Gradientenspulenordnung (7) in Abhängigkeit der Abweichung (25) gewählt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als akustisches Signal ein Ton mit einer von der Abweichung (25) abhängigen Wiederholfrequenz und/oder einer von der Abweichung abhängigen Tonlage ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass, insbesondere bei der Verwendung einer Gradientenspulenordnung (7) der Magnetresonanzeleinrichtung (1) zur Ausgabe des akustischen Signals, als akustisches Signal ein Ton mit einer von der Abweichung (25) abhängigen Tonlage verwendet wird, wobei bei einer Abweichung (25) von Null ein Ton mit einer höchsten oder niedrigsten Tonlage erreicht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als akustisches Signal ein mit einer von der Abweichung (25) abhängigen Wiederholfrequenz derart wiederholter Ton verwendet wird, dass die Wiederholfrequenz mit abnehmender Ab-

weichung (25) steigt und bei einer Abweichung (25) von Null ein Dauerton erreicht ist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der aktuellen Orientierung zwei Schichtbilder in parallelen oder senkrecht aufeinander stehenden Schichten (22) aufgenommen werden, die ein das Instrument (20) und/oder die Instrumentenführung und/oder einen zum Ausrichten der Instrumentenführung anstatt des Instruments (20) in die Instrumentenführung eingesetzten, in Magnetresonanzbildern sichtbaren Instrumentenersatz zeigen, wobei das Instrument (20) und/oder die Instrumentenführung und/oder der Instrumentenersatz in den Bildern lokalisiert werden und aus der Lokalisierung die aktuelle Orientierung bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit wenigstens einem in Magnetresonanzbildern sichtbaren Marker (21) versehenes Instrument (20) verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausrichtung des Instruments (20) eine in einer eingestellten Orientierung fixierbare Ausrichtungseinrichtung (19) verwendet wird, wobei zur Einstellung der vorbestimmten Orientierung ein in Magnetresonanzbildern sichtbarer Instrumentenersatz in die Ausrichtungseinrichtung (19) eingesetzt wird, wobei nach Einstellung der vorbestimmten Orientierung die Ausrichtungseinrichtung (19) in dieser fixiert wird und das Instrument (20) eingesetzt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Markierung des vorbestimmten Eintrittspunktes (17) und/oder eines Gebietes für den Eintrittspunkt (17) auf dem Patienten eine Lasereinrichtung (9) verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Nachverfolgung der Abweichung (25) der aktuellen Orientierung von der vorbestimmten Orientierung eine kontinuierliche oder zyklische Aufnahme von Messdaten erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Nutzung der Gradientenspulenordnung (7) zur Ausgabe des akustischen Signals eine zyklische Aufnahme von Messdaten erfolgt, wobei in den Aufnahmepausen einer Ansteuerung der Gradientenspulenordnung (7) zur Ausgabe des akustischen Signals erfolgt.

14. Magnetresonanzeleinrichtung (1), umfassend eine zur Durchführung eines Verfahrens nach einem

der vorangehenden Ansprüche ausgebildete Steuer-  
einrichtung (8).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

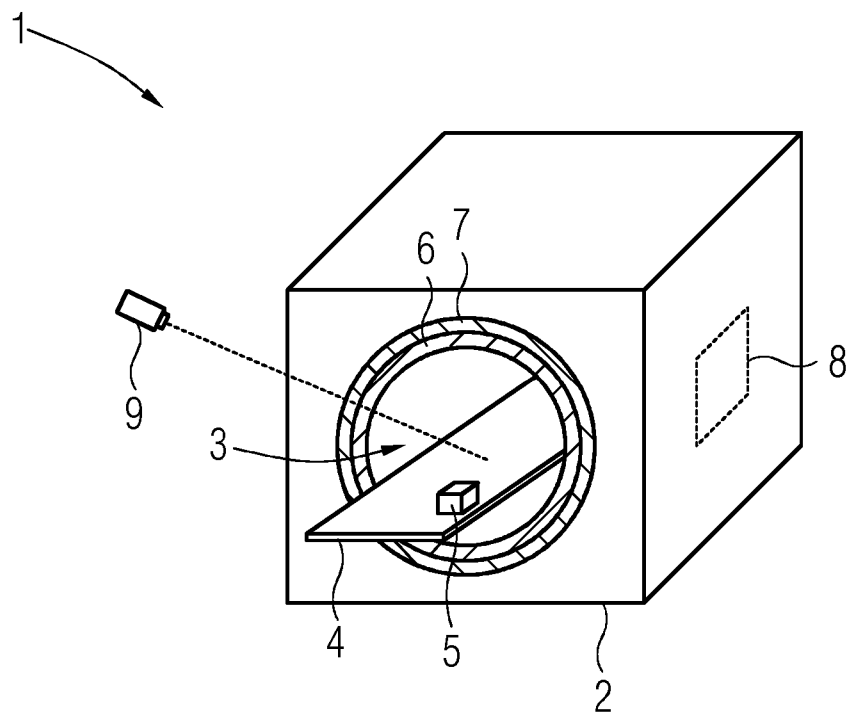


FIG 2

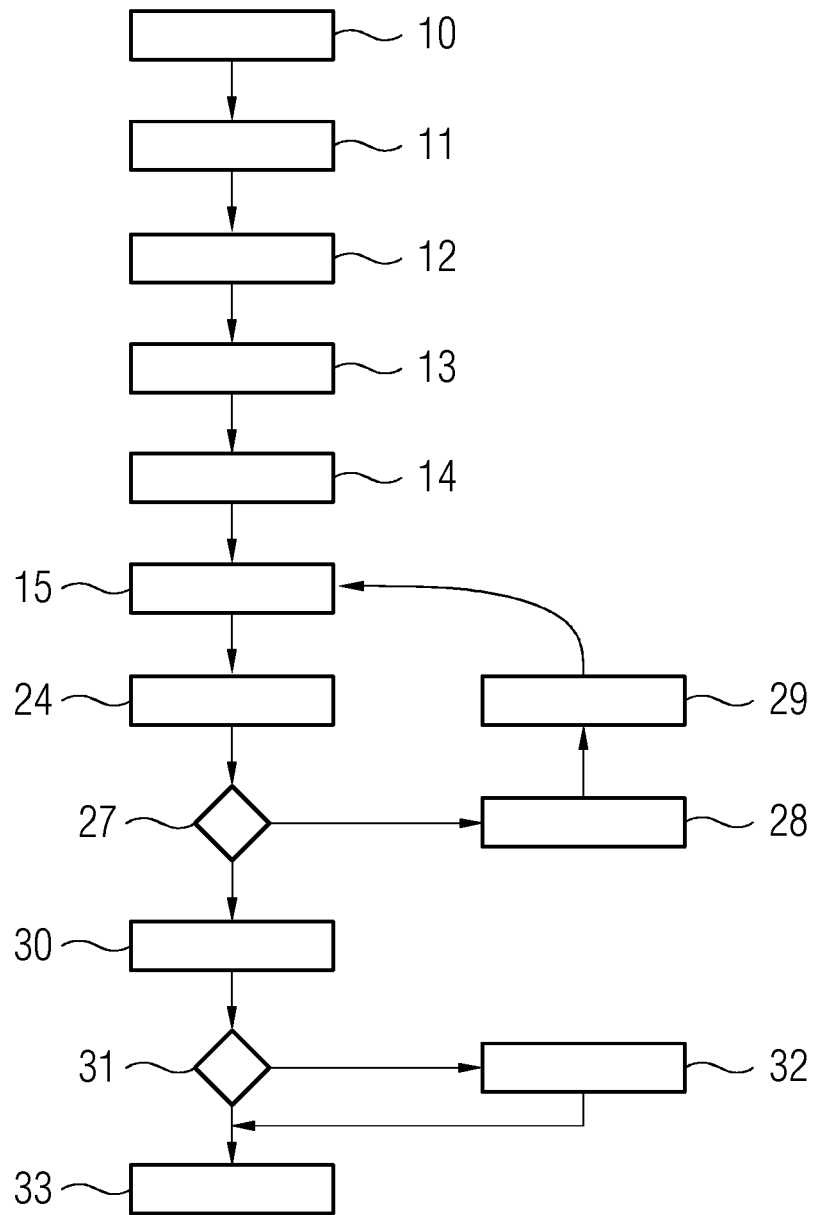


FIG 3

