



(10) **DE 10 2011 078 868 A1** 2013.01.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 078 868.9**

(22) Anmeldetag: **08.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2013**

(51) Int Cl.: **G01R 33/58 (2011.01)**
G01N 24/08 (2011.01)

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333, München, DE

(72) Erfinder:

Geppert, Christian, Dr., 91052, Erlangen, DE;

Oliveira, Andre de, Dr., 91052, Erlangen, DE

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

US 5 481 190 A

US 5 309 102 A

US 5 912 558 A

**N.G. Dowell, P.S. Tofts: Fast, accurate, and
precise mapping of the RF field in vivo using the
180 degrees signal null. In: Magn. Reson. Med.,
58, 2007, S. 622-630.**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Frequenzkalibrierung einer Magnetresonanzanlage unter Verwendung der
Spektralinformationen mehrerer Echosignale**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft zwei Verfahren zur Frequenzkalibrierung für eine Magnetresonanzanlage (5) in einem Volumenabschnitt, in welchem eine unbekannte Anzahl bestimmter Stoffe enthalten ist. Beide Verfahren umfassen folgende Schritte:

– Anregen eines vorbestimmten Volumenabschnitts mit HF-Pulsen (25).

– Erfassen von mehreren Echosignalen (E1–E5) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung.

– Bestimmen einer jeweiligen Spektralinformation für jedes der Echosignale (E1–E5).

Das erste Verfahren umfasst darüber hinaus folgende Schritte:

– Erfassen mindestens eines Spitzenwertes in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5).

– Bestimmen einer Relaxationszeit pro Spitzenwert.

– Bestimmen eines Stoffs pro Spitzenwert abhängig von der für diesen Spitzenwert bestimmten Relaxationszeit.

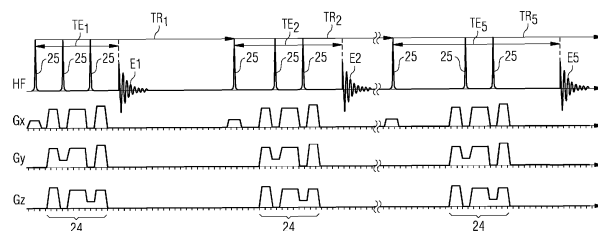
– Durchführen einer apparativen Frequenzeinstellung abhängig von einer für den mindestens einen Stoff gemessenen Resonanzfrequenz.

Das zweite Verfahren umfasst zusätzlich folgende Schritte:

– Erfassen mehrerer Spitzenwerte in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5).

– Bestimmen eines Stoffs pro Spitzenwert abhängig von mindestens einer Resonanzfrequenzdifferenz der bestimmten Stoffe aufgrund der chemischen Verschiebung.

– Durchführen einer apparativen Frequenzeinstellung abhängig von für die Stoffe gemessenen Resonanzfrequenzen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Frequenzkalibrierung oder Frequenzeinstellung einer Magnetresonanztomographie sowie eine entsprechend ausgestaltete Magnetresonanztomographie.

[0002] In der Magnetresonanztomographie ist eine Systemkalibrierung bzw. Frequenzkalibrierung einer der ersten Schritte, welcher vor der eigentlichen MR-Messung durchzuführen ist. Im Allgemeinen wird dabei davon ausgegangen, dass Wasser den höchsten Spitzenwert (höchsten Peak) in einem bei der Systemkalibrierung erstellten Frequenzspektrum liefert, so dass die Systeme nach dem Stand der Technik nur den höchsten Spitzenwert erfassen und diesem der Resonanzfrequenz von Wasser zuordnen. Bei einigen Anwendungen, beispielsweise der Magnetresonanztomographie der weiblichen Brust, kann allerdings der Fall auftreten, dass Wasser nicht den höchsten Spitzenwert aufweist, da beispielsweise Fett oder Silikon einen höheren Spitzenwert erzeugen, was dann zu einer fehlerhaften Frequenzkalibrierung führt.

[0003] Daher stellt sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe, auch in solchen Fällen eine korrekte Frequenzkalibrierung durchzuführen, in denen vorher nicht bekannt ist, welcher von mehreren vorbestimmten Stoffen im Frequenzspektrum detektiert wird.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Frequenzkalibrierung nach Anspruch 1 oder 3, durch eine Magnetresonanztomographie nach Anspruch 8 oder 9, durch ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 11 und durch einen elektronisch lesbaren Datenträger nach Anspruch 12 gelöst. Die abhängigen Ansprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0005] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Frequenzkalibrierung für eine Magnetresonanztomographie bereitgestellt. Dabei umfasst das erfindungsgemäße Verfahren folgende Schritte:

- Anregen eines vorbestimmten Volumenabschnitts, in welchem eine unbekannte Anzahl vorbestimmter Stoffe enthalten ist, mit HF-Pulsen. (In dem Volumenabschnitt kann (hauptsächlich) ein Stoff oder können mehrere Stoffe enthalten sein, d.h. die Anzahl ist größer 0.)
- Erfassen von mehreren Echosignalen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der jeweiligen Anregung. Dabei ist es zum einen möglich, dass ausgehend von einer HF-Anregung zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach derselben HF-Anregung Echosignale erfasst werden. Es ist allerdings auch möglich, dass ein Echosignal eine Zeitspanne nach einer HF-Anregung erfasst wird und dass ein weiteres Echosignal eine andere Zeitspanne nach einer weiteren HF-Anregung erfasst wird.
- Jedes der erfassten Echosignale wird (in der Regel mittels einer Fouriertransformation) in eine jeweilige Spektralinformation (d.h. in ein Frequenzspektrum) umgesetzt.
- Innerhalb jeder dieser Spektralinformationen oder Frequenzspektren werden ein oder mehrere Spitzenwerte (Peaks) ermittelt. Ein Spitzenwert zeichnet sich dabei beispielsweise dadurch aus, dass die Amplitude bei der Frequenz des Spitzenwertes um einen vorbestimmten Betrag (z. B. 5) größer als die durchschnittliche Amplitude über dem Spektrum ist.
- Pro Spitzenwert wird eine Relaxationszeit bestimmt. Dazu wird beispielsweise in jedem erstellten Frequenzspektrum der jeweilige Spitzenwert ermittelt und anhand der abklingenden Amplitude des Spitzenwertes die Relaxationszeit bestimmt. Dabei werden vorher die Frequenzspektren abhängig von der Zeitspanne, zu welcher das jeweilige Echosignal nach der HF-Anregung erfasst wurde, sortiert, so dass die Amplitude des jeweiligen Spitzenwertes in dem n-ten Frequenzspektrum höher als die Amplitude des jeweiligen Spitzenwertes in dem (n + 1)-ten Frequenzspektrum ist.
- Anhand der Relaxationszeit, welche für jeden Spitzenwert bestimmt wird, kann dann der entsprechende Stoff aus der Menge der vorbestimmten Stoffe bestimmt werden, so dass jeder Spitzenwert einem Stoff zugeordnet wird. Die bei dem jeweiligen Spitzenwert gemessene Frequenz entspricht dabei der Resonanzfrequenz des jeweiligen für diesen Spitzenwert bestimmten Stoffes. Die Zuordnung des jeweiligen Spitzenwertes zu dem Stoff kann beispielsweise ausgehend von einem Zeitbereich vorgenommen werden, welcher für jeden vorbestimmten Stoff bekannt ist und angibt, in welchem Bereich die Relaxationszeiten des jeweiligen Stoffes liegen. Liegt die gemessene Relaxationszeit innerhalb des jeweiligen Bereichs, dann wird der Spitzenwert, für den die Relaxationszeit bestimmt wird, diesem Stoff zugeordnet.
- Abhängig von der oder den Resonanzfrequenzen, welche für den oder die Stoffe gemessen wurden, wird dann eine apparative Frequenzeinstellung für Sender und Empfänger der Magnetresonanztomographie durchgeführt.

[0006] Unter einer Frequenzkalibrierung wird erfindungsgemäß demnach eine Messung oder Bestimmung der Resonanzfrequenz für jeden vorbestimmten Stoff und eine abhängig von den derart ermittelten Resonanzfre-

quenzen durchgeführte apparative Frequenzeinstellung bezüglich der Sendeantennen und Empfangsantennen der Magnetresonanzanlage verstanden.

[0007] Da das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Relaxationszeit den jeweiligen Stoff dem jeweiligen Spitzenwert zuordnet, kann erfindungsgemäß jeder Spitzenwert im Frequenzspektrum automatisch (ohne Benutzervorgaben) einem Stoff aus einer vorgegebenen Menge von Stoffen zugeordnet werden. Daher kann die Frequenzkalibrierung vorteilhafterweise auch dann durchgeführt werden, wenn nicht Wasser sondern Fett oder Silikon oder eine Kombination aus diesen Signalen im Frequenzspektrum vorliegen.

[0008] Wenn in der Spektralinformation der Echosignale nicht nur ein Spitzenwert sondern mehrere Spitzenwerte erfasst werden, kann die Bestimmung des jeweiligen Stoffes pro Spitzenwert auch abhängig von einer Resonanzfrequenzdifferenz aufgrund der chemischen Verschiebung durchgeführt werden.

[0009] Aufgrund der chemischen Verschiebung unterscheidet sich die Resonanzfrequenz von Wasser beispielsweise um 3,3 ppm von der Resonanzfrequenz von Fett. Indem die Zuordnung der jeweiligen Stoffe zu den jeweiligen Spitzenwerten in Abhängigkeit der bekannten chemischen Verschiebung, d.h. der Resonanzfrequenzdifferenz zwischen jeweils zwei Stoffen aus der Menge der vorbestimmten Stoffe, vorgenommen wird, kann die Qualität der Zuordnung im Vergleich zu einem erfindungsgemäßen Verfahren, welches diese Zuordnung allein über die Relaxationszeit vornimmt, vorteilhafterweise verbessert werden.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch ein weiteres Verfahren zur Frequenzkalibrierung einer Magnetresonanzanlage bereitgestellt. Das weitere erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Anregen eines vorbestimmten Volumenabschnitts, in welchem sich eine unbekannte Anzahl von vorbestimmten Stoffen befindet, mit HF-Pulsen.
- Erfassen von mehreren Echosignalen zu unterschiedlichen Zeitspannen nach der HF-Anregung.
- Jedes erfasste Echosignal wird in eine jeweilige Spektralinformation oder in ein jeweiliges Frequenzspektrum umgesetzt.
- In jedem dieser Frequenzspektren werden mehrere Spitzenwerte bestimmt.
- Abhängig von Resonanzfrequenzdifferenzen aufgrund der chemischen Verschiebung, welche für die vorbestimmten Stoffe bekannt sind, wird pro Spitzenwert ein Stoff aus der Menge der vorbestimmten Stoffe bestimmt. Wenn beispielsweise die Differenz zwischen den für zwei der erfassten Spitzenwerte gemessenen Frequenzen (Resonanzfrequenzen) einer für die vorbestimmten Stoffe bekannten Resonanzfrequenzdifferenz entspricht, dann werden diese beiden Spitzenwerte den entsprechenden Stoffen zugeordnet.
- In Abhängigkeit von den gemessenen Resonanzfrequenzen derjenigen Stoffe, welche für die jeweiligen Spitzenwerte bestimmt werden, wird die apparative Frequenzeinstellung durchgeführt.

[0011] Während demnach das erfindungsgemäße Verfahren ausgehend von einem oder von mehreren Spitzenwerten im Frequenzspektrum mittels der Relaxationszeit den jeweiligen Stoff, welcher zu dem jeweiligen Spitzenwert gehört, bestimmt, bestimmt das weitere erfindungsgemäße Verfahren ausgehend von mehreren Spitzenwerten mittels der Resonanzfrequenzdifferenz den jeweiligen Stoff, welcher zu dem jeweiligen Spitzenwert gehört. Da eine Resonanzfrequenzdifferenz nur bei zumindest zwei Stoffen gebildet werden kann, kann das weitere erfindungsgemäße Verfahren nur dann eingesetzt werden, wenn zumindest zwei Spitzenwerte in den jeweiligen Frequenzspektren erfasst werden. Ähnlich wie das erfindungsgemäße Verfahren ist auch das weitere erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise in der Lage, Spitzenwerte im Frequenzspektrum automatisch den jeweiligen Stoffen zuzuordnen, um dann abhängig von den für die jeweiligen Stoffe ermittelten Resonanzfrequenzen die Frequenzkalibrierung durchführen zu können.

[0012] Sowohl das erfindungsgemäße als auch das weitere erfindungsgemäße Verfahren kann einen Spitzenwert nur einem Stoff zuordnen, welcher in einer vorgegebenen Menge von vorbestimmten Stoffen enthalten ist. Während für jeden Stoff dieser Menge für das erfindungsgemäße Verfahren abhängig von der Magnetfeldstärke insbesondere ein Bereich bekannt ist, in welchem die Relaxationszeit des jeweiligen Stoffes liegt, ist für das weitere erfindungsgemäße Verfahren für jeden Stoff zumindest die Resonanzfrequenzdifferenz zu einer Resonanzfrequenz eines anderen Stoffes bekannt.

[0013] Bei beiden erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt die Frequenzkalibrierung abhängig von der erfindungsgemäß gemessenen Resonanzfrequenz mindestens eines Stoffes. Die Kenntnis dieser Resonanzfrequenz ermöglicht es, sowohl die Sendeantennen als auch die Empfangsantennen bezüglich dieser Resonanzfrequenz oder Larmorfrequenz zu kalibrieren, so dass beispielsweise mittels einer Ortskodierung auch der gewünschte Volumenabschnitt (und nicht ein danebenliegender Volumenabschnitt) erfasst wird.

[0014] Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der beiden erfindungsgemäßen Verfahren wird zum Anregen des vorbestimmten Volumenabschnitts und zum Erfassen der Echosignale eine Multi-Echo-STEAM-Sequenz ("STimulated Echo Acquisition Mode") eingesetzt, welche z.B. aus "Measurement of Hepatic Lipid", von N. Pineda u.a., Seiten 568–576, Radiology; Vol. 252; Nr. 2; August 2009 bekannt ist. In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform wird statt einer Multi-Echo-STEAM-Sequenz eine Multi-Echo-PRESS-Sequenz (90° - 180° - 180°) ("Point RESolved Spectroscopy") eingesetzt, welche z.B. aus "Quantitative metabolite T2 measurements with a multi-echo PRESS sequence", von F. Franconi u.a., Seite 1194, Proceedings International Society for Magnetic Resonance in Medicine, 4th Annual Meeting bekannt ist.

[0015] Gemäß einer weiteren bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der beiden erfindungsgemäßen Verfahren wird/werden der oder die Spitzenwerte in der Spektralinformation des ersten Echosignals nach der Anregung mit dem HF-Puls bestimmt. Anders ausgedrückt wird dasjenige Echosignal ermittelt, welches mit dem zeitlich kürzesten Abstand nach der HF-Anregung erfasst wird. Der oder die Spitzenwerte werden in der ersten Spektralinformation (Frequenzspektrum) ermittelt, welche ausgehend von diesem ersten Echosignal beispielsweise mittels Fouriertransformation erstellt wurde. Für jeden Spitzenwert wird in dieser ersten Spektralinformation jeweils eine Frequenz bestimmt. In den Spektralinformationen, welche für die anderen Echosignale erstellt werden, werden dann der oder die Spitzenwerte bei der jeweiligen Frequenz gesucht, an welcher sie in der ersten Spektralinformation auftreten.

[0016] Die Bestimmung des oder der Spitzenwerte in der ersten Spektralinformation (d.h. in der Spektralinformation, welche ausgehend von dem ersten Echosignal erstellt wird) weist den Vorteil auf, dass die Amplitude des oder der Spitzenwerte in der ersten Spektralinformation größer sind als in den anderen Spektralinformationen, so dass der oder die Spitzenwerte leichter erfasst werden können.

[0017] Sowohl bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als auch bei dem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren kann die Menge der bekannten Stoffe Wasser, Fett und Silikon umfassen.

[0018] Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform der beiden erfindungsgemäßen Verfahren können die Verfahrensschritte außer der Durchführung der Frequenzkalibrierung jeweils für mehrere Volumenabschnitte ausgeführt werden. Demnach wird jedes dieser Volumenabschnitte mit HF-Pulsen angeregt, es werden mehrere Echosignale erfasst und in eine jeweilige Spektralinformation umgesetzt, ein oder mehrere Spitzenwerte in jeder der Spektralinformationen erfasst und über bekannte Relaxationszeiten und/oder Resonanzfrequenzdifferenzen pro Spitzenwert ein Stoff bestimmt. Wenn bei dieser Ausführungsform in mehreren der Volumenabschnitte derselbe Stoff erfasst wird, wird die Frequenz dieses Stoffes bestimmt, indem ein Mittelwert der Frequenzen bestimmt wird, welche in den jeweiligen Volumenabschnitten für diesen Stoff bestimmt werden. Wenn dagegen ein Stoff nur in einem Volumenabschnitt erfasst wird, entspricht die Frequenz dieses Stoffes derjenigen Frequenz, welche für den Stoff in diesem Volumenabschnitt bestimmt wird. Die Frequenzkalibrierung findet gemäß dieser Ausführungsform abhängig von der oder den entsprechend ermittelten Resonanzfrequenzen statt.

[0019] Diese erfindungsgemäße Ausführungsform ist insbesondere dann sinnvoll, wenn in dem Volumenabschnitt unterschiedliche Stoffe enthalten sind. Beispielsweise bei der Magnetresonanztomographie der weiblichen Brust tritt bisweilen der Fall auf, dass nur in einer Brust ein Silikonimplantat vorhanden ist. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn für jede Brust getrennt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und/oder mit dem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren die Resonanzfrequenzen bestimmt werden, da nur in der mit dem Silikonimplantat versehenen Brust ein Silikon-Spitzenwert auftreten kann.

[0020] Wenn mit anderen Worten bei einer Magnetresonanztomographie der weiblichen Brust beide Brüste mit derselben MR-Messung abgebildet werden sollen, ist es dennoch vorteilhaft, die Erfassung der Spitzenwerte und die Zuordnung zu den Stoffen für einen ersten vorbestimmten Volumenabschnitt (z.B. rechte Brust) und für einen zweiten vorbestimmten Volumenabschnitt (z.B. Brust) getrennt durchzuführen und die Ergebnisse (d.h. die gemessenen Frequenzen) dann durch Mittelwertbildung für die Frequenzkalibrierung der eigentlichen MR-Messung zusammenzuführen.

[0021] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch eine Magnetresonanzanlage zum Erstellen von MR-Bildern eines Untersuchungsobjekts bereitgestellt. Die Magnetresonanzanlage umfasst einen Grundfeldmagnet, ein Gradientenfeldsystem, mindestens eine HF-Antenne und eine Steuereinrichtung, mit welcher das Gradientenfeldsystem und die eine oder die mehreren HF-Antennen angesteuert, von der oder den HF-Antennen aufgenommene Signale empfangen und ausgewertet und daraus die MR-Bilder erstellt werden. Die Magnetresonanzanlage regt einen vorbestimmten Volumenabschnitt des Untersuchungsobjekts mit von der

oder den HF-Antennen erzeugten HF-Pulsen an und erfasst mit Hilfe der oder den HF-Antennen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung mehrere Echosignale. Für jedes dieser Echosignale bestimmt die Steuereinrichtung eine jeweilige Spektralinformation oder ein jeweiliges Frequenzspektrum. In jeder dieser Spektralinformationen erfasst die Steuereinrichtung einen oder mehrere Spitzenwerte und bestimmt für jeden dieser Spitzenwerte die Relaxationszeit. Abhängig von der für den jeweiligen Spitzenwert bestimmten Relaxationszeit bestimmt die Steuereinrichtung einen Stoff aus einer vorgegebenen Menge von Stoffen. Abhängig von den für einen oder für mehrere Stoffe erfassten Resonanzfrequenzen führt die Magnetresonanzanlage dann eine apparative Frequenzeinstellung durch.

[0022] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch eine weitere erfindungsgemäße Magnetresonanzanlage zum Erstellen von MR-Bildern eines Untersuchungsobjekts bereitgestellt. Auch die weitere Magnetresonanzanlage umfasst einen Grundfeldmagnet, ein Gradientenfeldsystem, eine HF-Antenne und eine Steuereinrichtung, um das Gradientenfeldsystem und die HF-Antenne anzusteuern, die von der HF-Antenne aufgenommenen Signale zu empfangen und auszuwerten und ausgehend von diesen Signalen die MR-Bilder zu erstellen. Die weitere Magnetresonanzanlage regt einen vorbestimmten Volumenabschnitt an, indem sie mit Hilfe der HF-Antenne HF-Pulse erzeugt und in den vorbestimmten Volumenabschnitt einstrahlt. Ebenfalls mit Hilfe der HF-Antenne erfasst die weitere Magnetresonanzanlage zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der jeweiligen Anregung mehrere Echosignale. Mittels der Steuereinrichtung wird jedes der Echosignale in eine jeweilige Spektralinformation umgesetzt und mehrere Spitzenwerte in der jeweiligen Spektralinformation erfasst. Pro Spitzenwert bestimmt die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von mindestens einer Resonanzfrequenzdifferenz von bestimmten Stoffen aufgrund der chemischen Verschiebung einen Stoff. Abhängig von für die Stoffe erfassten Resonanzfrequenzen führt die weitere Magnetresonanzanlage dann eine apparative Frequenzeinstellung durch.

[0023] Die Vorteile der erfindungsgemäßen Magnetresonanzanlage und der weiteren erfindungsgemäßen Magnetresonanzanlage entsprechen im Wesentlichen den Vorteilen der beiden erfindungsgemäßen Verfahren, welche vorab im Detail ausgeführt sind, so dass hier auf eine Wiederholung verzichtet wird.

[0024] Des Weiteren beschreibt die vorliegende Erfindung ein Computerprogrammprodukt, insbesondere ein Computerprogramm oder eine Software, welche man in einen Speicher einer programmierbaren Steuerung bzw. einer Recheneinheit einer Magnetresonanzanlage laden kann. Mit diesem Computerprogrammprodukt können alle oder verschiedene vorab beschriebene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Verfahren ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt in der Steuerung oder Steuereinrichtung der Magnetresonanzanlage läuft. Dabei benötigt das Computerprogrammprodukt eventuell Programmmittel, z.B. Bibliotheken und Hilfsfunktionen, um die entsprechenden Ausführungsformen der Verfahren zu realisieren. Mit anderen Worten soll mit dem auf das Computerprogrammprodukt gerichteten Anspruch insbesondere ein Computerprogramm oder eine Software unter Schutz gestellt werden, mit welcher eine der oben beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Verfahren ausgeführt werden kann bzw. welche diese Ausführungsform ausführt. Dabei kann es sich bei der Software um einen Quellcode (z.B. C++), der noch kompiliert (übersetzt) und gebunden oder der nur interpretiert werden muss, oder um einen ausführbaren Softwarecode handeln, der zur Ausführung nur noch in die entsprechende Recheneinheit zu laden ist.

[0025] Schließlich offenbart die vorliegende Erfindung einen elektronisch lesbaren Datenträger, z.B. eine DVD, ein Magnetband oder einen USB-Stick, auf welchem elektronisch lesbare Steuerinformationen, insbesondere Software (vgl. oben), gespeichert ist. Wenn diese Steuerinformationen (Software) von dem Datenträger gelesen und in eine Steuerung bzw. Recheneinheit einer Magnetresonanzanlage gespeichert werden, können alle erfindungsgemäßen Ausführungsformen der vorab beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.

[0026] Die vorliegende Erfindung weist folgende Vorteile auf:

- Die Robustheit und die Zuverlässigkeit von MR-Messungen werden verbessert, indem die Spitzenwerte automatisch bestimmten Stoffen (z.B. Wasser, Fett und/oder Silikon) zugeordnet werden.
- MR-Messungen können beschleunigt werden, indem Anwenderfehler vermieden werden, welche eine Wiederholung der Messungen erforderlich machen.
- Die Komplexität bestimmter MR-Messungen, wie beispielsweise von MR-Messungen der weiblichen Brust, wird verringert, indem der Umfang der vom Benutzer einstellbaren Parameter verringert wird.

[0027] Die vorliegende Erfindung ist insbesondere zur Frequenzkalibrierung von Magnetresonanzanlagen geeignet. Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht auf diesen bevorzugten Anwendungsbereich eingeschränkt, da die vorliegende Erfindung prinzipiell auch zur Bestimmung einer Resonanzfrequenz (ohne anschließende apparative Frequenzeinstellung) eingesetzt werden könnte.

[0028] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter erfindungsgemäßer Ausführungsformen mit Bezug zu den Figuren im Detail beschrieben.

[0029] In [Fig. 1](#) ist schematisch eine erfindungsgemäße Magnetresonanzanlage dargestellt.

[0030] In [Fig. 2](#) ist ein Pulssequenzdiagramm einer Multi-Echo-STEAM-Sequenz dargestellt.

[0031] [Fig. 3](#) stellt ein Flussablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens dar.

[0032] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Magnetresonanzanlage **5** (eines Magnetresonanz-Bildgebungs- bzw. Kernspintomographiegeräts). Dabei erzeugt ein Grundfeldmagnet **1** ein zeitlich konstantes starkes Magnetfeld zur Polarisierung bzw. Ausrichtung der Kernspins in einem Untersuchungsbereich eines Objekts O, wie z.B. eines zu untersuchenden Teils eines menschlichen Körpers (z.B. des Brustbereichs), welcher auf einem Tisch **23** liegend zur Datenerfassung in die Magnetresonanzanlage **5** geschoben wird. Die für die Kernspinresonanzmessung erforderliche hohe Homogenität des Grundmagnetfelds ist in einem typischerweise kugelförmigen Messvolumen M definiert. Zur Unterstützung der Homogenitätsanforderungen und insbesondere zur Eliminierung zeitlich invariabler Einflüsse werden an geeigneter Stelle so genannte Shim-Bleche aus ferromagnetischem Material angebracht. Zeitlich variable Einflüsse werden durch Shim-Spulen **2** weitgehend eliminiert.

[0033] In den Grundfeldmagneten **1** ist ein zylinderförmiges Gradientenspulensystem **3** eingesetzt, welches aus drei Teilwicklungen besteht. Jede Teilwicklung wird von einem Verstärker mit Strom zur Erzeugung eines linearen (auch zeitlich veränderbaren) Gradientenfeldes in die jeweilige Richtung des kartesischen Koordinatensystems versorgt. Die erste Teilwicklung des Gradientenfeldsystems **3** erzeugt dabei einen Gradienten G_x in x-Richtung, die zweite Teilwicklung einen Gradienten G_y in y-Richtung und die dritte Teilwicklung einen Gradienten G_z in z-Richtung. Der Verstärker umfasst einen Digital-Analog-Wandler, welcher von einer Sequenzsteuerung **18** zum zeitrichtigen Erzeugen von Gradientenpulsen angesteuert wird.

[0034] Innerhalb des Gradientenfeldsystems **3** befindet sich eine (oder mehrere) Hochfrequenzantennen **4**, welche die von einem Hochfrequenzleistungsverstärker abgegebenen Hochfrequenzpulse in ein magnetisches Wechselfeld zur Anregung der Kerne und Ausrichtung der Kernspins des zu untersuchenden Objekts O bzw. des zu untersuchenden Bereiches des Objekts O umsetzen. Jede Hochfrequenzantenne **4** besteht aus einer oder mehreren HF-Sendespuhlen und einer oder mehreren HF-Empfangsspulen in Form einer ringförmigen vorzugsweise linearen oder matrixförmigen Anordnung von Komponentenspulen. Von den HF-Empfangsspulen der jeweiligen Hochfrequenzantenne **4** wird auch das von den präzedierenden Kernspins ausgehende Wechselfeld, d.h. in der Regel die von einer Pulssequenz aus einem oder mehreren Hochfrequenzpulsen und einem oder mehreren Gradientenpulsen hervorgerufenen Kernspinechosignale, in eine Spannung (Messsignal) umgesetzt, welche über einen Verstärker **7** einem Hochfrequenz-Empfangskanal **8** eines Hochfrequenzsystems **22** zugeführt wird. Das Hochfrequenzsystem **22** umfasst weiterhin einen oder mehrere Sendekanäle **9**, in welchen die Hochfrequenzpulse für die Anregung der magnetischen Kernresonanz erzeugt werden. Dabei werden die jeweiligen Hochfrequenzpulse aufgrund einer vom Anlagerechner **20** vorgegebenen Pulssequenz in der Sequenzsteuerung **18** digital als Folge komplexer Zahlen dargestellt. Diese Zahlenfolge wird als Real- und als Imaginärteil über jeweils einen Eingang **12** einem Digital-Analog-Wandler im Hochfrequenzsystem **22** und von diesem einem Sendekanal **9** zugeführt. Im Sendekanal **9** werden die Pulssequenzen einem Hochfrequenz-Trägersignal aufmoduliert, dessen Basisfrequenz der Resonanzfrequenz der Kernspins im Messvolumen entspricht.

[0035] Die Umschaltung von Sende- auf Empfangsbetrieb erfolgt über eine Sende-Empfangsweiche **6**. Die HF-Sendespuhlen der Hochfrequenzantenne(n) **4** strahlt/en die Hochfrequenzpulse zur Anregung der Kernspins in das Messvolumen M ein und resultierende Echosignale werden über die HF-Empfangsspule(n) abgetastet. Die entsprechend gewonnenen Kernresonanzsignale werden im Empfangskanal **8'** (erster Demodulator) des Hochfrequenzsystems **22** phasenempfindlich auf eine Zwischenfrequenz demoduliert und im Analog-Digital-Wandler (ADC) digitalisiert. Dieses Signal wird noch auf die Frequenz 0 demoduliert. Die Demodulation auf die Frequenz 0 und die Trennung in Real- und Imaginärteil findet nach der Digitalisierung in der digitalen Domäne in einem zweiten Demodulator **8** statt. Durch einen Bildrechner **17** kann aus den dergestalt gewonnenen Messdaten ein MR-Bild rekonstruiert werden. Die Verwaltung der Messdaten, der Bilddaten und der Steuerprogramme erfolgt über den Anlagenrechner **20**. Aufgrund einer Vorgabe mit Steuerprogrammen kontrolliert die Sequenzsteuerung **18** die Erzeugung der jeweils gewünschten Pulssequenzen und das entsprechende Abtasten des k-Raumes. Insbesondere steuert die Sequenzsteuerung **18** dabei das zeitrichtige Schalten der Gradienten, das Aussenden der Hochfrequenzpulse mit definierter Phasenamplitude sowie den Empfang der

Kernresonanzsignale. Die Zeitbasis für das Hochfrequenzsystem **22** und die Sequenzsteuerung **18** wird von einem Synthesizer **19** zur Verfügung gestellt. Die Auswahl entsprechender Steuerprogramme zur Erzeugung eines MR-Bildes, welche z.B. auf einer DVD **21** gespeichert sind, sowie die Darstellung des erzeugten MR-Bildes erfolgt über ein Terminal **13**, welches eine Tastatur **15**, eine Maus **16** und einen Bildschirm **14** umfasst.

[0036] In [Fig. 2](#) ist ein Pulssequenz-Diagramm einer Multi-Echo-STEAM-Implementierung dargestellt. Dabei ist jede der fünf Wiederholungen eine modifizierte STEAM-Sequenz, welche drei HF-Pulse **25** umfasst, wobei der zeitliche Abstand der beiden hinteren bzw. zeitlich letzten HF-Pulse **25** z.B. 10 ms beträgt. Im Rahmen jeder STEAM-Sequenz oder jedes STEAM-Moduls wird ein stimuliertes Echosignal E_1 bis E_5 gemessen. Die erste Echozeit TE_1 (bei dem ersten STEAM-Modul) beträgt beispielsweise $TE_1 = 12$ ms, wobei $TE_2 = 24$ ms, $TE_3 = 36$, $TE_4 = 48$ und $TE_5 = 72$ ms betragen können. Dabei gibt die Echozeit TE den zeitlichen Abstand zwischen dem jeweils ersten HF-Puls **25** und demjenigen Zeitpunkt an, ab welchem das jeweilige Echosignal E_1 bis E_5 gemessen wird. Die Wiederholzeit TR , welche den Zeitintervall zwischen dem Beginn eines STEAM-Moduls und dem Beginn des darauf folgenden STEAM-Moduls angibt, beträgt beispielsweise 3 s.

[0037] Bei der Multi-Echo-STEAM-Sequenz erfolgt die Ortsauflösung durch aufeinanderfolgende selektive Anregung dreier orthogonaler Schichten. Das Zielvolumen ist durch das Schnittvolumen dieser drei Schichten definiert. Nur die Magnetisierung des Zielvolumens erfährt alle drei selektiven HF-Pulse **25** und trägt somit zum stimulierten Echo bei. Die Spektren des Zielvolumens erhält man beispielsweise durch eine eindimensionale Fourier-Transformation der dem stimulierten Echo entsprechenden Zeitsignale E_1 bis E_5 . Das interessierende stimulierte Echo wird bei einer 90° - 90° - 90° -bzw. 90° - 180° - 180° -HF-Anregungssequenz **25** maximal. Kritisch für die Qualität der Ortsauflösung ist die vollständige Dephasierung aller unerwünschten Echos und des freien Induktionszerfalls. Dies erfolgt durch zusätzliche magnetische Feldgradienten **24**, welche so geschaltet werden, dass die Magnetisierung aus dem Zielvolumen zum Zeitpunkt der Datenerfassung wieder völlig rephasiert, die Magnetisierung des übrigen Probenvolumens dagegen völlig dephasiert wird.

[0038] In [Fig. 3](#) ist ein Flussablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.

[0039] Im ersten Verfahrensschritt S1 werden mit der in [Fig. 2](#) dargestellten Multi-Echo-STEAM-Pulssequenz fünf Echosignale E_1 bis E_5 gemessen. Für jedes dieser Echosignale E_1 bis E_5 wird mittels einer Fouriertransformation ein Frequenzspektrum erstellt.

[0040] Im zweiten Verfahrensschritt S2 werden in dem ersten Frequenzspektrum, welches ausgehend von demjenigen Echosignal E_1 erstellt wird, das mit der kürzesten Echozeit TE_1 gemessen wird, ein oder mehrere Spitzenwerte (Peaks) erfasst. Bei den anderen Frequenzspektren wird anhand derjenigen Position (bei derjenigen Frequenz), an welcher in dem ersten Frequenzspektrum ein Spitzenwert erfasst wird, ebenfalls ein Spitzenwert gesucht bzw. erfasst.

[0041] Im dritten Verfahrensschritt S3 werden nun für jeden Spitzenwert, welcher in dem ersten Frequenzspektrum erfasst wird, eine Relaxationszeit T_2 bestimmt. Dazu wird in allen fünf Frequenzspektren bei derjenigen Position (Frequenz), bei welcher in dem ersten Frequenzspektrum der jeweilige Spitzenwert erfasst wird, eine Integration durchgeführt, um quasi die von dem jeweiligen Spitzenwert überdeckte Fläche zu ermitteln. Diese Integration wird jeweils über ein vordefiniertes Integrationsintervall (Frequenzintervall) durchgeführt. Dadurch werden für jeden Spitzenwert fünf Flächen bestimmt, wobei die Fläche jeweils umso kleiner ist, je größer die Echozeit TE des entsprechenden Echosignals ist. Ausgehend von fünf Punkten, wobei jeder Punkt durch die Echozeit und durch die entsprechende mittels Integration bestimmte Fläche definiert ist, wird eine Exponentialfunktion bestimmt, welche durch diese fünf Punkte verläuft. Mit Hilfe dieser Exponentialfunktion kann dann die Relaxationszeit T_2 für den jeweiligen Spitzenwert bestimmt werden.

[0042] Im vierten Verfahrensschritt S4 wird anhand der folgenden Tabelle 1 die für jeden Spitzenwert bestimmte Relaxationszeit T_2 einem der drei Stoffe (Wasser, Fett oder Silikon) zugeordnet, wodurch auch der entsprechende Spitzenwert dem entsprechenden Stoff zugeordnet wird.

	Resonanzfrequenzdifferenz zur Resonanzfrequenz von Silikon (ppm)	T2 (ms) für 1,5 T	T2 (ms) für 3,0 T
Wasser	4,6	70–140	60–140
Fett	1,3	50–60	50–60
Silikon	0	200	< 200

Tabelle 1 Resonanzfrequenzdifferenz und T2 für Wasser, Fett und Silikon

[0043] Man erkennt anhand der Tabelle 1, dass sich die Relaxationszeiten T2 für Wasser, Fett und Silikon nicht überlappen, so dass eine Zuordnung der im dritten Verfahrensschritt S3 bestimmten Relaxationszeit T2 zu einem Stoff ohne große Probleme möglich sein sollte.

[0044] Durch die Abfrage F1 wird zwischen einem ersten Fall, dass nur ein Spitzenwert erfasst wird, und einem zweiten Fall, dass mehrere Spitzenwerte erfasst werden, unterschieden.

[0045] Im ersten Fall verzweigt das erfindungsgemäße Verfahren zum fünften Verfahrensschritt S5, in welchem der einzige Spitzenwert dem entsprechenden Stoff (Wasser, Fett oder Silikon) zugeordnet wird. Die für den Spitzenwert gemessene Frequenz entspricht der gemessenen Resonanzfrequenz des zugeordneten Stoffs.

[0046] Im zweiten Fall verzweigt das erfindungsgemäße Verfahren zur zweiten Abfrage F2. Bei dieser Abfrage F2 wird überprüft, ob die Differenzen zwischen den Frequenzen, welche für die mehreren Spitzenwerte gemessen werden, mit denen in Tabelle 1 dargestellten Resonanzfrequenzdifferenzen in Einklang gebracht werden können. Wenn beispielsweise zwei Spitzenwerte erfasst werden und die für diese beiden Spitzenwerte gemessenen Frequenzen eine Differenz von 4,6 ($\pm$ eine bestimmte Toleranzgrenze (z. B. 10 oder 20 %)) aufweisen, sollte es sich um Wasser und Silikon handeln, sofern die für Wasser gemessene Frequenz größer als die für Silikon gemessene Frequenz ist. Wenn bei der zweiten Abfrage F2 die in Tabelle 1 angegebenen Resonanzfrequenzdifferenzen nicht in Einklang mit den gemessenen Frequenzen zu bringen sind, verzweigt das erfindungsgemäße Verfahren zu einem sechsten Verfahrensschritt S6, in welchem eine Warnmeldung ausgegeben und eine manuelle Eingabe angefordert wird. Wenn dagegen bei der zweiten Abfrage F2 die in Tabelle 1 angegebenen Resonanzfrequenzdifferenzen in Einklang mit den gemessenen Frequenzen gebracht werden können, verzweigt das Verfahren zu dem fünften Verfahrensschritt S5, in welchem jedem Spitzenwert ein entsprechender Stoff zugeordnet wird.

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 Nicht-Patentliteratur

- "Measurement of Hepatic Lipid", von N. Pineda u.a., Seiten 568–576, Radiology; Vol. 252; Nr. 2; August 2009 [\[0014\]](#)
- F. Franconi u.a., Seite 1194, Proceedings International Society for Magnetic Resonance in Medicine, 4th Annual Meeting [\[0014\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Frequenzkalibrierung für eine Magnetresonanzanlage (5) in einem Volumenabschnitt, in welchem eine unbekannte Anzahl bestimmter Stoffe enthalten ist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Anregen des Volumenabschnitts mit HF-Pulsen (25),
- Erfassen von mehreren Echosignalen (E1–E5) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung,
- Bestimmen einer jeweiligen Spektralinformation für jedes der Echosignale (E1–E5),
- Erfassen mindestens eines Spitzenwerts in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5),
- Bestimmen einer Relaxationszeit pro Spitzenwert,
- Bestimmen eines Stoffes pro Spitzenwert abhängig von der für diesen Spitzenwert bestimmten Relaxationszeit, und
- Durchführen einer apparativen Frequenzeinstellung abhängig von einer für den mindestens einen Stoff gemessenen Resonanzfrequenz.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass der mindestens eine Spitzenwert mehrere Spitzenwerte umfasst, und dass das Bestimmen des Stoffes pro Spitzenwert abhängig von einer Resonanzfrequenzdifferenz aufgrund der chemischen Verschiebung vorgenommen wird.

3. Verfahren zur Frequenzkalibrierung für eine Magnetresonanzanlage (5) in einem Volumenabschnitt, in welchem eine unbekannte Anzahl bestimmter Stoffe enthalten ist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Anregen des Volumenabschnitts mit HF-Pulsen (25),
- Erfassen von mehreren Echosignalen (E1–E5) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung,
- Bestimmen einer jeweiligen Spektralinformation für jedes der Echosignale (E1–E5),
- Erfassen mehrerer Spitzenwerte in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5),
- Bestimmen eines Stoffes pro Spitzenwert abhängig von mindestens einer Resonanzfrequenzdifferenz der bestimmten Stoffe aufgrund der chemischen Verschiebung, und
- Durchführen einer apparativen Frequenzeinstellung abhängig von für die Stoffe gemessenen Resonanzfrequenzen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für das Anregen des vorbestimmten Volumenabschnitts und für das Erfassen der Echosignale (E1–E5) eine Multi-Echo-STEAM-Sequenz eingesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass der mindestens eine Spitzenwert in der Spektralinformation des ersten Echosignals (E1) nach der Anregung mit dem HF-Puls (25) bestimmt wird, dass für jeden Spitzenwert in der Spektralinformation des ersten Echosignals (E1) eine Frequenz bestimmt wird, und dass diese jeweilige Frequenz bei den folgenden Echosignalen (E2–E5) für jeden Spitzenwert verwendet wird, um den jeweiligen Spitzenwert hinsichtlich seiner Frequenz zu lokalisieren.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vorausgesetzt wird, dass der pro Spitzenwert bestimmte Stoff entweder Wasser, Fett oder Silikon ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Verfahrensschritte bis auf die Durchführung der apparativen Frequenzeinstellung jeweils bei mehreren Volumenabschnitten ausgeführt werden, dass die gemessene Resonanzfrequenz des jeweils bestimmten Stoffes als ein Mittelwert der für die Volumenabschnitte gemessenen Resonanzfrequenzen des jeweiligen Spitzenwerts, welcher dem jeweiligen Stoff entspricht, bestimmt wird, und dass die apparative Frequenzeinstellung abhängig von der für den mindestens einen Stoff gemessenen Resonanzfrequenz durchgeführt wird.

8. Magnetresonanzanlage zum Erstellen von MR-Bildern von einem Untersuchungsobjekt (O), wobei die Magnetresonanzanlage (5) einen Grundfeldmagneten (1), ein Gradientenfeldsystem (3), eine HF-Antenne (4) und eine Steuereinrichtung (10) zur Ansteuerung des Gradientenfeldsystems (3) und der HF-

Antenne (4), zum Empfang von von der HF-Antenne (4) aufgenommenen Signalen und zur Auswertung der Signale und zur Erstellung der MR-Bilder umfasst, und
 wobei die Magnetresonanzanlage (5) derart ausgestaltet ist, dass die Magnetresonanzanlage (5) einen vorbestimmten Volumenabschnitt mit von der HF-Antenne (4) erzeugten HF-Pulsen (25) anregt und mittels der HF-Antenne (4) mehrere Echosignale (E1–E5) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung erfasst, dass die Steuereinrichtung (10) für jedes der Echosignale (E1–E5) eine jeweilige Spektralinformation bestimmt, mindestens einen Spitzenwert in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5) erfasst, eine Relaxationszeit pro Spitzenwert bestimmt und pro Spitzenwert abhängig von der für diesen Spitzenwert bestimmten Relaxationszeit einen Stoff bestimmt, und
 dass die Magnetresonanzanlage (5) eine apparative Frequenzeinstellung abhängig von einer für den mindestens einen Stoff gemessenen Resonanzfrequenz durchführt.

9. Magnetresonanzanlage zum Erstellen von MR-Bildern von einem Untersuchungsobjekt (O),
 wobei die Magnetresonanzanlage (5) einen Grundfeldmagneten (1), ein Gradientenfeldsystem (3), eine HF-Antenne (4) und eine Steuereinrichtung (10) zur Ansteuerung des Gradientenfeldsystems (3) und der HF-Antenne (4), zum Empfang von von der HF-Antenne (4) aufgenommenen Signalen und zur Auswertung der Signale und zur Erstellung der MR-Bilder umfasst, und
 wobei die Magnetresonanzanlage (5) derart ausgestaltet ist, dass die Magnetresonanzanlage (5) einen vorbestimmten Volumenabschnitt mit einem von der HF-Antenne (4) erzeugten HF-Puls (25) anregt und mittels der HF-Antenne (4) mehrere Echosignale (E1–E5) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Anregung erfasst, dass die Steuereinrichtung (10) für jedes der Echosignale (E1–E5) eine jeweilige Spektralinformation bestimmt, mehrere Spitzenwerte in der Spektralinformation der Echosignale (E1–E5) erfasst und pro Spitzenwert abhängig von mindestens einer Resonanzfrequenzdifferenz bestimmter Stoffe aufgrund der chemischen Verschiebung einen Stoff bestimmt, und
 dass die Magnetresonanzanlage (5) eine apparative Frequenzeinstellung abhängig von für die Stoffe gemessenen Resonanzfrequenzen durchführt.

10. Magnetresonanzanlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetresonanzanlage (5) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–7 ausgestaltet ist.

11. Computerprogrammprodukt, welches ein Programm umfasst und direkt in einen Speicher einer programmierbaren Steuereinrichtung (10) einer Magnetresonanzanlage (5) ladbar ist, mit Programm-Mitteln, um alle Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–7 auszuführen, wenn das Programm in der Steuereinrichtung (10) der Magnetresonanzanlage (5) ausgeführt wird.

12. Elektronisch lesbarer Datenträger mit darauf gespeicherten elektronisch lesbaren Steuerinformationen, welche derart ausgestaltet sind, dass sie bei Verwendung des Datenträgers (21) in einer Steuereinrichtung (10) einer Magnetresonanzanlage (5) das Verfahren nach einem der Ansprüche 1–7 durchführen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

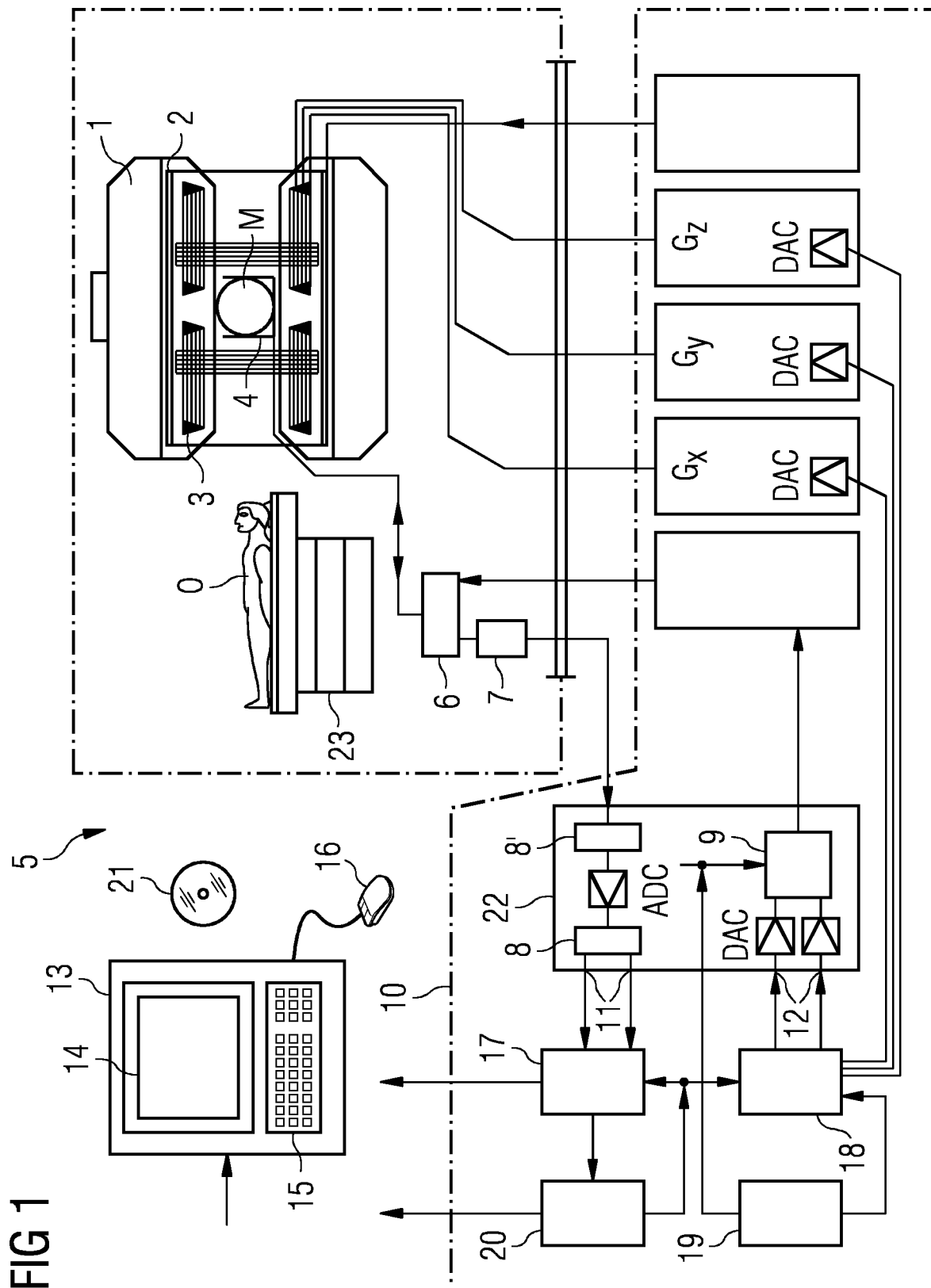


FIG 2

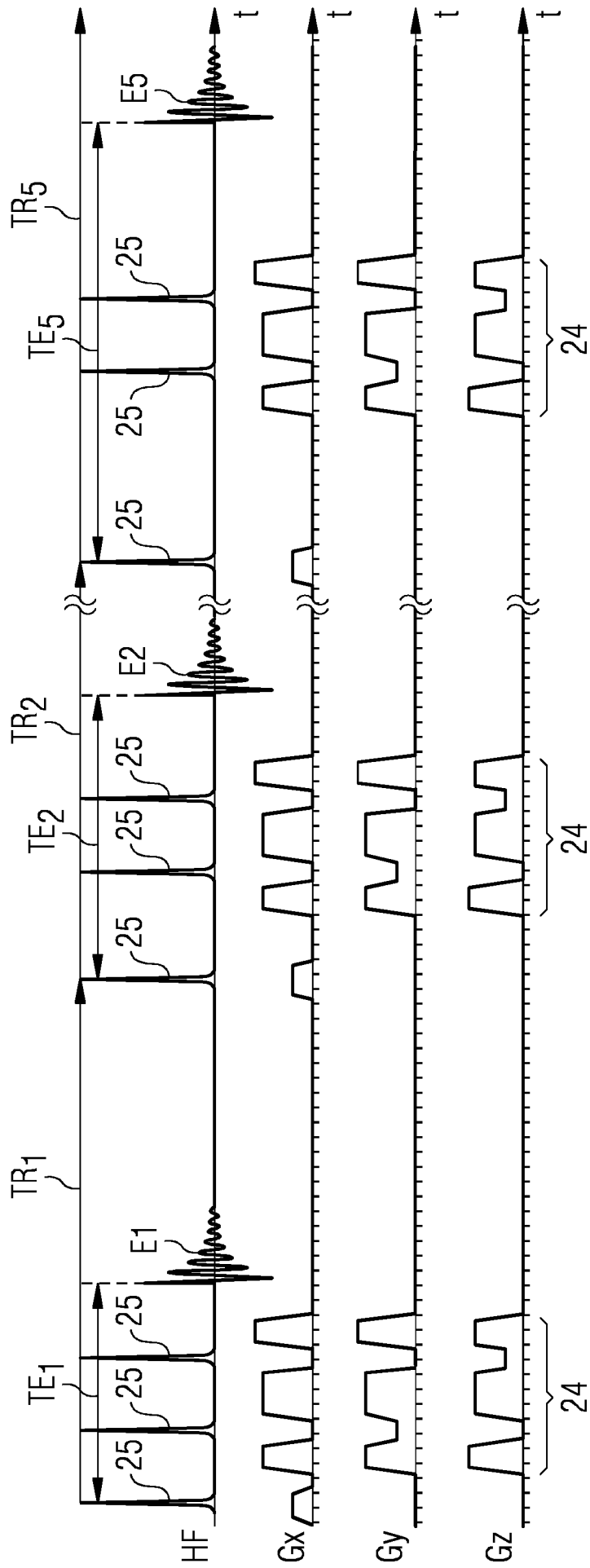


FIG 3

