



(10) **DE 11 2015 006 439 T5** 2017.12.28

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/162734**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 006 439.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2015/052628**  
(86) PCT-Anmeldetag: **10.04.2015**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.10.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **28.12.2017**

(51) Int Cl.: **G01R 33/3875 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Synaptive Medical (Barbados) Inc., Bridgetown,  
BB**

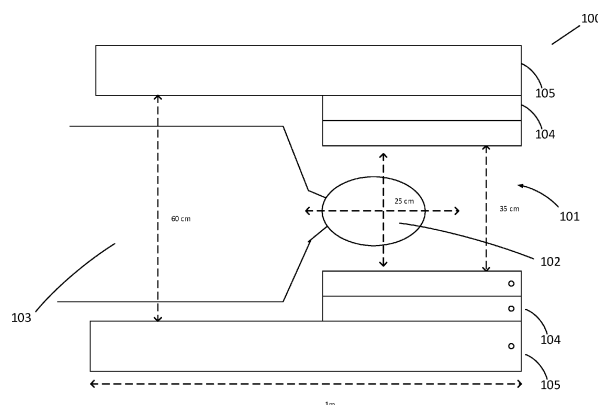
(74) Vertreter:  
**Denkemeyer & Associates S.A., 60596 Frankfurt,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Harris, Chad Tyler, Toronto, Ontario, CA;  
Beatty, Phillip J., Toronto, Ontario, CA; Panther,  
Alexander Gyles, Toronto, Ontario, CA; Stainsby,  
Jeff Alan, Toronto, Ontario, CA; Deschenes, David  
Mark, Toronto, Ontario, CA**

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

(54) Bezeichnung: **Shimspulen für Magnetresonanztomographie**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben eines Magnetresonanztomographie(»MRT«)-Systems, welches umfasst: Zugriff auf Daten, die eine erste Region zum Abbilden von einem Teil eines Gegenstandes anzeigen, wobei der Teil in einem Hauptmagneten des MRT-Systems angeordnet ist und der Hauptmagnet ein Magnetfeld erzeugt; Auswahl einer ersten Teilmenge von Shimspulen aus einer Gruppe verfügbarer Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erhöht wird, wenn die Shimspulen in der ersten Teilmenge angesteuert wird; und das Ansteuern von Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe verfügbarer Shimspulen anzusteuern, so dass die Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region relativ zu der Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich erhöht wird, wenn die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert wird.



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Veröffentlichung bezieht sich auf Magnetresonanztomographie.

**ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0002]** In einem Aspekt stellen einige Implementierungen ein Verfahren zum Betreiben eines Magnetresonanztomographie(»MRT«)-Systems bereit, wobei das Verfahren folgendes umfasst: Zugriff auf Daten, die eine erste Region anzeigt, um mindestens einen Teil eines Gegenstandes abzubilden, wobei der Teil in einem Hauptmagneten des MRT-Systems angeordnet ist und der Hauptmagnet ein wesentlich gleichförmiges Magnetfeld erzeugt; basierend auf den aufgerufenen Daten, Auswahl einer ersten Teilmenge von Shimspulen durch eine dem MRT-System zugeordnete Steuerung und aus einer Gruppe verfügbarer Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erreicht wird, wenn die Shimspulen in der ersten Teilmenge angesteuert werden; und das Ansteuern von Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe verfügbarer Shimspulen zu betreiben, so dass die Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region relativ zu der Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich erhöht wird, wenn die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert werden.

**[0003]** Implementierungen können eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften enthalten. Das Verfahren kann ferner folgendes umfassen: Bestimmen, durch die Steuerung, jeweilige Gewichte, die auf die Shimspulen in dem ausgewählten ersten Satz von Shimspulen anzuwenden sind. Das Betreiben der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen kann ferner folgendes umfassen: Erzeugen eines elektrischen Stroms für jede der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, wobei der elektrische Strom für jede Shimspule in der ausgewählten ersten Teilmenge proportional zu dem jeweiligen Gewicht für die Shimspule ist; und Verteilen der erzeugten elektrischen Ströme an die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge.

**[0004]** Das Betreiben der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen kann das gleichzeitige Treiben der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfassen. Das Betreiben der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen kann folgendes umfassen: Verbinden einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, wobei die Anzahl der Leis-

tungsverstärker in der Gruppe kleiner als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen ist. Das Anschließen der Gruppe von Leistungsverstärkern kann folgendes umfassen: Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, so dass jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit einer der jeweiligen Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen verbunden ist. Das Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern kann das Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfassen, so dass jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit mehr als einer jeweiligen Shimspule verbunden ist.

**[0005]** Das Verfahren kann ferner das Zugreifen auf Daten umfassen, die einen zweiten Bereich anzeigen, um einen anderen Teil des Gegenstandes abzubilden, wobei der zweite Bereich von dem ersten Bereich verschieden ist; basierend auf den aufgerufenen Daten, die den zweiten Bereich angeben, durch eine dem MRT-System zugeordnete Steuerung und aus einer Gruppe von verfügbaren Shimspulen, eine zweite Teilmenge von Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß, wenn die Shimspulen in der zweiten Teilmenge angesteuert werden, eine Homogenität des Magnetfeldes an dem zweiten Bereich von Interesse erhöht wird, wobei die ausgewählte zweite Teilmenge sich von der ausgewählten ersten Teilmenge durch mindestens eine Shimspule unterscheidet; und Ansteuern der Shimspulen in der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen anzusteuern, so dass die Homogenität des Magnetfeldes an dem zweiten Bereich relativ zu der Homogenität des Magnetfeldes im zweiten Bereich zunimmt wenn die Shimspulen der ausgewählten zweiten Teilmenge nicht angesteuert werden.

**[0006]** Das Betreiben der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen kann das Verbinden einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfassen, wobei die Anzahl der Leistungsverstärker in der Gruppe kleiner als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen ist; und das Ansteuern der Shimspulen der zweiten Teilmenge von Shimspulen kann umfassen: Trennen der Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen; und nach dem Trennen der Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, die die Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen verbindet.

**[0007]** In einem anderen Aspekt stellen einige Implementierungen ein Magnetresonanztomographiesys-

tem (MRT) bereit, das umfasst: ein Gehäuse mit einer Bohrung, in der ein zu bildendes Motiv angeordnet ist; einen Hauptmagneten, der in dem Gehäuse beherbergt ist und so konfiguriert ist, daß er ein im Wesentlichen gleichförmiges Magnetfeld innerhalb der Bohrung erzeugt; eine Gruppe von verfügbaren Shimspulen, die um das Gehäuse herum angeordnet sind und so konfiguriert sind, daß sie eine Homogenität des Magnetfeldes erhöhen; Impuls-Erzeugungsspulen zum Erzeugen und Anlegen von Hochfrequenz-(HF)-Pulsen in Folge, um den Gegenstand zu scannen; Gradientenspulen, um Störungen für das im Wesentlichen gleichförmige Magnetfeld bereitzustellen, das MRT-Signale codiert, die als Reaktion auf die angelegten HF-Impulse erfasst werden; eine Steuerung, die mit dem Hauptmagneten gekoppelt ist und konfiguriert ist, um auf Daten zuzugreifen, die einen ersten Bereich zum Abbilden mindestens eines Teils eines Gegenstands anzeigen; basierend auf der zugegriffenen Information aus der Gruppe der verfügbaren Shimspulen eine erste Teilmenge von Shimspulen auswählen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß bei der Ansteuerung der Shimspulen in der ersten Teilmenge eine Homogenität des Magnetfeldes an der ersten Region erhöht wird; und bewirken, daß die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen ohne andere Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen angesteuert werden, so daß die Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich relativ zur Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich zunimmt, wenn die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert werden.

**[0008]** Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Eigenschaften enthalten. Die Steuerung kann ferner konfiguriert sein, um bestimmte Gewichte zu bestimmen, die auf die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen anzuwenden sind. Das MRT-System kann ferner umfassen: eine Gruppe von Leistungsverstärkern, wobei die Anzahl der Leistungsverstärker geringer ist als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen. Jeder Leistungsverstärker kann so konfiguriert sein, daß er einen elektrischen Strom für jede der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen entsprechend dem bestimmten jeweiligen Gewicht erzeugt. Jeder Leistungsverstärker kann an eine jeweilige Shimspule angeschlossen werden. Jeder Leistungsverstärker kann an mehr als eine Shimspule angeschlossen werden. Jede Shimspule kann so konfiguriert sein, daß sie eine Feldkorrektur auf das Magnetfeld gemäß einer bestimmten Ordnungsbasisfunktion anwendet. Die jeweilige Ordnungsbasisfunktion kann eine sphärische harmonische Funktion sein. Die ausgewählte erste Teilmenge von Shimspulen kann einer Gruppe von Basisfunktionen entsprechen, wobei mehr als eine Ordnungsbasisfunktion entsprechend den jeweiligen bestimmten Gewichten gemischt werden kann.

**[0009]** Die Steuerung kann ferner konfiguriert sein, um auf Daten zuzugreifen, die einen zweiten Bereich zum Abbilden eines Teils des in der Bohrung angeordneten Gegenstandes anzeigen; basierend auf den aufgerufenen Daten, die den zweiten Bereich angeben, aus einer Gruppe von verfügbaren Shimspulen eine zweite Teilmenge von Shimspulen auswählen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß bei der Einstellung der Shimspulen in der ausgewählten zweiten Teilmenge eine Homogenität des Magnetfeldes an dem zweiten Bereich erhöht wird, wobei die ausgewählte zweite Teilmenge sich von der ersten Teilmenge durch mindestens eine Shimspule unterscheidet; und bewirken, daß jede Shimspule der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen ohne andere Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen angesteuert wird, so daß die Homogenität des Magnetfeldes im zweiten Bereich relativ zur Homogenität des Magnetfeldes zunimmt im zweiten Bereich, wenn die Shimspulen der ausgewählten zweiten Teilmenge nicht angesteuert werden.

**[0010]** Die Steuerung kann ferner konfiguriert sein, um zu bewirken, daß die Absperrspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge der zu treibenden Absperrspulen folgendes ausführen: Veranlassen, daß eine Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Beschneidungsspulen verbunden ist; und bewirken, daß die Shimspulen in der ausgewählten zweiten Teilmenge der zu treibenden Shimspulen umfasst: Veranlassen, daß die Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Leistungsverstärkern getrennt wird; und nachdem die Gruppe von Leistungsverstärkern von den Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge getrennt ist, wodurch die Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen verbunden wird.

**[0011]** Die Einzelheiten eines oder mehrerer Aspekte des in dieser Beschreibung beschriebenen Gegenstandes sind in den beigefügten Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung dargelegt. Weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile des Gegenstandes ergeben sich aus der Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0012]** Ausführungsformen werden nun lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in denen:

**[0013]** Fig. 1 zeigt ein beispielhaftes Magnetresonanztomographiesystem »MRT« mit einem Magneten aus einer Magnetspule, bei dem Shimspulen bereitgestellt werden.

**[0014]** Fig. 2A zeigt eine 3D-Ansicht von einer beispielhaften 16-Kanal-Shimspulenordnung.

**[0015]** Fig. 2B zeigt eine Seitenansicht von einer beispielhaften 16-Kanal-Shimspulenordnung.

**[0016]** Fig. 2C zeigt eine beispielhafte Verwendung einer Teilmenge von einer 16-Kanal-Shimspulenordnung.

**[0017]** Fig. 3A–Fig. 3C zeigen verschiedene Aspekte eines beispielhaften Prozesses zum Betreiben von Shimspulen.

**[0018]** Gleichartige Bezugszeichen in den verschiedenen Figuren zeigen gleichartige Elemente an.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0019]** Verschiedene Ausführungsformen und Aspekte der Veröffentlichung werden unter Bezugnahme auf die nachfolgend diskutierten Details beschrieben. Die folgende Beschreibung und die Zeichnungen veranschaulichen die Veröffentlichung und sind nicht als Einschränkung der Veröffentlichung auszuweisen. Es werden zahlreiche spezifische Details beschrieben, um ein gründliches Verständnis verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Veröffentlichung zu ermöglichen. Jedoch werden in bestimmten Fällen bekannte oder herkömmliche Details nicht beschrieben, um eine genaue Diskussion von Ausführungsformen der vorliegenden Veröffentlichung zu liefern.

**[0020]** Laut ausgewählten Ausführungsformen der vorliegenden Veröffentlichung werden Magnetresonanztomographiesysteme und -vorrichtungen bereitgestellt, bei denen eine Anordnung von Shimspulen, beispielsweise innerhalb der Seitenwände einer Magnetspule, angeordnet ist. In einigen Fällen wird eine Teilmenge der verfügbaren Shimspulen so ausgewählt, daß eine Gruppe Leistungsverstärker die ausgewählte Teilmenge von Shimspulen spezifisch antreibt, um eine Verbesserung der Feldhomogenität in einer bestimmten Region von Interesse zu bewirken. In späteren Fällen wird eine andere Teilmenge der verfügbaren Shimspulen ausgewählt. Dennoch treibt die gleiche Gruppe von Leistungsverstärkern diese unterschiedliche Teilmenge von Shimspulen an, um die Feldhomogenität innerhalb einer anderen Region von Interesse zu erhöhen. Beim Antreiben einer bestimmten Teilmenge von Shimspulen können die Beiträge von jedem Leistungsverstärker unterschiedlich gewichtet werden, um eine gewünschte Feldhomogenitätsverbesserung zu erreichen. Die Gewichtung variiert beispielsweise je nach der Größe der Teilmenge der ausgewählten Wählspulen und der gewählten Region von Interesse.

**[0021]** Durch dynamisches Verbinden einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit den auf Abruf ausgewählten Spulen kann der Homogenisierungseffekt speziell auf die Feldhomogenität innerhalb einer bestimmten Region von Interesse abgestimmt werden. Der Ansatz kann eine deutliche Verbesserung der Verwendung aller verfügbaren Shimspulen erzeugen, um die Feldhomogenität innerhalb der jeweiligen Region von Interesse zu erhöhen. Durch die Wiederverwendung der gleichen Leistungsverstärker für verschiedene Teilmengen von Shimspulen kann der Ansatz zu einer Verringerung der Anzahl von Leistungsverstärkern für den Zweck von Shimming führen und damit werden Hardwarekosten reduziert.

**[0022]** Fig. 1A–Fig. 1B zeigen eine perspektivische Ansicht und eine Querschnittsansicht eines beispielhaften Magnetresonanztomographiesystems »MRT« (100), bei dem ein Spulenmagnet (105) in einer zylindrischen Form mit einer Innenbohrung (101) bereitgestellt wird. Die Spulenordnung (107) einschließlich Sendespule (106) und Gradientenspule (104) wird innerhalb des Spulenmagneten (105) bereitgestellt. Die Spulenordnung (107) kann im Allgemeinen als eine ringförmige Struktur aufgestellt werden und in der inneren Bohrung der Magnetspule (105) untergebracht werden. Bei einigen Implementierungen enthält die ringförmige Spulenordnung (107) nur eine Gradientenspule (104). Bei diesen Implementierungen enthält die ringförmige Spulenordnung weder Sendespule (106) noch Empfängerspule. Für diese Implementierungen werden Hochfrequenz»HF«-Signale beispielsweise von lokalen Spulen zur Abbildung des Kopfbereichs (102) des Patienten (103) übertragen. In einem Fall wird eine Kopfspule in Form von einem Vogelkäfig sowohl zum Senden als auch zum Empfangen von HF-Signalen zum Abbilden des Gegenstands verwendet. In einem anderen Fall wird eine Oberflächenspule zum Übertragen eines HF-Signals in den Gegenstand verwendet; und eine phasengesteuerte Array-Spulenkonfiguration wird zum Empfangen von MR-Signalen als Antwort verwendet.

**[0023]** Die hierin bereitgestellten Ausführungsformen können für intraoperative MRT und MRT-Systeme zur Verwendung in einer Notaufnahme-Einstellung angepasst werden. Bei einigen Ausführungsformen sind die Shimspulen (109) innerhalb der zylindrischen Wände der Magnetspule (105) untergebracht. Die Shimspulen (109) werden von einer Gruppe von Leistungsverstärkern versorgt. Zum Beispiel können die Leistungsverstärker (110A und 110B), die in einem Kontrollraum untergebracht werden, mit den Shimspulen (109) verbunden werden, um eine Homogenisierung des Magnetfeldes innerhalb der inneren Bohrung (101) bereitzustellen. Beim Ansteuern von Shimspulen (109) können die Leistungsverstärker (110A und 110B) durch die Steuerung (111) gesteuert werden. Die Steuerung (111) umfasst im

Allgemeinen einen oder mehrere Prozessoren sowie eine Programmierlogik, um die Leistungsverstärker (**110A** und **110B**) zu konfigurieren. In einigen Fällen ist die Steuerung (**111**) in einem von der Magnetspule (**105**) des MRT-Systems (**100**) getrennten Kontrollraum untergebracht. Bei diesen Implementierungen kann eine Anordnung von Shimspulen verwendet werden, um eine Anpassung an die Feldstärke innerhalb der inneren Bohrung (**101**) bereitzustellen, so dass das Magnetfeld innerhalb der inneren Bohrung (**101**) homogener wird, wie weiter unten näher erläutert wird.

**[0024] Fig. 2A** zeigt eine 3D-Ansicht einer beispielhaften 16-Kanal-Shimspulenordnung (**200**). In dieser Konfiguration werden die 16 Shimspulen auf einer sphärischen Oberfläche an Stellen verteilt, die ausgewählt wurden, um die Homogenitätsverbesserung in allen drei räumlichen Dimensionen zu bewirken. **Fig. 2B** zeigt eine Seitenansicht der 16-Kanal-Shimspulenordnung (**200**). Diese Seitenansicht zeigt nur 8 von 16 Shimspulen auf der Betrachtungsseite. Dementsprechend werden diese 8 Spulen als Spulen **202A** bis **202H** bezeichnet. Jede Shimspule kann von einem Leistungsverstärker mit einem bestimmten Strom angesteuert werden. Im Allgemeinen kann jede Shimspule eine Einstellung für die Feldeinstellung bereitstellen, wie sie durch eine bestimmte Reihenfolge einer räumlichen harmonischen Funktion definiert ist, beispielsweise die sphärischen Oberschwingungen. Durch räumliche Symmetrien in den räumlichen Oberschwingungen kann in einigen Fällen ein bestimmter, von der Kugel umschlossener Bereich homogenisiert werden, wobei einige Shimspulen von den 16 Shimspulen mit demselben Strom angesteuert werden können.

**[0025] Fig. 2C** veranschaulicht eine beispielhafte Verwendung einer Teilmenge der 16-Kanal-Shimspulenordnung (**200**), zur Fokussierung auf die aktive Homogenisierung einer bestimmten Region von Interesse (**210**). Wie hier dargestellt befindet sich die Region von Interesse (**210**) in einem grauen Bereich. Um das Magnetfeld innerhalb dieses Bereichs (**210**) zu homogenisieren, kann eine Teilmenge der 16-Kanal-Shimspulenordnung (**200**), nämlich die Shimspulen **202C**, **202D**, **202G** und **202H**, beispielsweise, wie in **Fig. 2C** fett hervorgehoben, verwendet werden. Anderes gesagt sind die Shimspulen **202C**, **202D**, **202G** und **202H** bei der Auswahl dynamisch mit Leistungsverstärkern verbunden. Diese Auswahl der Teilmenge von Shimspulen lässt die nicht selektierten Shimspulen, nämlich die Spulen **202A**, **202B**, **202E** und **202F**, als inaktive Spulen erkennen. Die Spulen **202A**, **202B**, **202E** und **202F** sind während des Homogenisierungsprotokolls nicht mit Leistungsverstärkern verbunden, falls sie nicht ausgewählt sind. Dieser Auswahlansatz ermöglicht es dem Homogenisierungsprozess, sich auf die Verwendung einer Teilmenge von Shimspulen zu konzentrieren. In einigen

Fällen kann die Teilmenge von Shimspulen basierend auf ihrer Nähe zur Region von Interesse ausgewählt werden, indem das Magnetfeld abgeschnitten werden soll. In anderen Fällen kann die Teilmenge von Shimspulen gemäß entsprechenden räumlichen harmonischen Funktionen ausgewählt werden, die sie erzeugen können, um das Magnetfeld an der gewünschten Region von Interesse zu homogenisieren. Zum Beispiel können die vier signifikanten Ordnungen von räumlichen Oberschwingungen gewählt werden, um die Homogenisierung zu bewirken, und diese vier räumlichen Oberwellen können vier bestimmten Shimspulen entsprechen. Durch die Kombination der vier räumlichen Oberschwingungen mit entsprechenden Gewichten können die Beiträge aus den vier räumlichen Oberschwingungen gemischt werden. Die entsprechenden Gewichte für die räumlichen Oberwellen können so bestimmt werden, daß die Kombination die gewünschten Homogenisierungseffekte an der ROI ergibt. Bemerkenswerterweise ist eine sphärische Anordnung von Shimspulen eine Implementierung. Bei anderen Ausführungsformen können Shimspulen auf einer zylindrischen Oberfläche, beispielsweise einer Oberfläche der zylindrischen Struktur der Magnetspule (**105**), geformt und angeordnet werden. Eine solche Anordnung kann als zylindrische Konfiguration bekannt sein. Während die obige Darstellung ein Beispiel für die Verwendung von Shimspulen (**202C**, **202D**, **202G** und **202H**) zur Erhöhung der Feldhomogenität innerhalb des Bereichs (**210**) darstellt, kann eine andere Teilmenge von Shimspulen verwendet werden, um die Feldhomogenität innerhalb einer anderen Region von Interesse zu erhöhen. Weitere Einzelheiten des Homogenisierungsverfahrens werden unten diskutiert.

**[0026] Fig. 3A–Fig. 3C** zeigen Aspekte eines beispielhaften Flussdiagramms (**300**) zum Betreiben der Shimspulen des MRT-Systems (**100**). Wenn der Prozessfluss initiiert (**302**) wird, können Daten, die eine Region von Interesse »ROI« innerhalb eines Magnetfeldes angeben, aufgerufen werden (**304**). In einem Fall können Daten, die eine Region von Interesse anzeigen, beispielsweise im Datenspeicher einer Steuerung (**111**) gespeichert werden, die dem MRT-System (**100**) zugeordnet ist, und die gespeicherten Daten können während des Shimverfahrens aufgerufen werden. Die Koordinaten einer Region von Interesse können auch auf der Grundlage einer Bediener bestimmt werden, der eine bestimmte Region von Interesse auswählt, beispielsweise auf der Grundlage eines Scout-Scans im Kopfbereich (**102**) des Patienten in der inneren Bohrung (**101**). Die ausgewählte Region von Interesse kann in eine physikalische Koordinate innerhalb der inneren Bohrung (**101**) durch eine Steuerung (**111**) des MRT-Systems (**100**) umgesetzt werden.

**[0027]** Als nächstes bestimmt die Steuerung (111), ob eine Homogenisierung erforderlich ist (306). In einigen Fällen kann die Bestimmung auf der Grundlage einer Eingabe von einem Bediener des MRT-Systems (100) erfolgen. Andere Instanzen können einen automatischen Homogenisierungsaspekt enthalten. Um eine Basisqualität der Feldhomogenität zu quantifizieren, können einige Implementierungen beispielsweise die spektrale Breite des freien Induktionsabfalls »FID« aus der Region von Interesse messen. Wenn die spektrale Breite des FID-Signals für die gewünschte Abbildungsanwendung zufriedenstellend schmal ist, kann sich das Abbildungsprotokoll ohne Homogenisierung (308) fortsetzen. Andernfalls kann eine Homogenisierung durchgeführt werden, wie weiter unten ausführlicher erörtert wird.

**[0028]** Wenn eine Homogenisierung erforderlich ist, wählt die Steuerung (111) auf der Grundlage der aufgerufenen Daten eine erste Teilmenge von Shimspulen aus der Gruppe verfügbarer Shimspulen aus. Die erste Teilmenge von Shimspulen ist so angeordnet und konfiguriert, daß bei einer Ansteuerung der Shimspulen in der ersten Teilmenge eine Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich erhöht wird. Beispielsweise können in dem obigen Beispiel eines Bedieners, der eine Region von Interesse auswählt, basierend auf der ausgewählten Region von Interesse physikalische Koordinaten innerhalb der inneren Bohrung (101), die dem ausgewählten ROI entsprechen, durch eine Steuerung (111) des MRT-Systems (100) bestimmt werden. Die physikalischen Koordinaten erlauben es der Steuerung, die erste Teilmenge von Shimspulen aus den verfügbaren Shimspulen auszuwählen, um das Magnetfeld innerhalb der ausgewählten ROI (310) zu beenden. Wie oben erwähnt, können die ausgewählten Shimspulen dann durch Leistungsverstärker (ohne die anderen Shimspulen) angesteuert werden, um ein Korrekturfeld zu erzeugen, so dass die Feldhomogenität innerhalb des ausgewählten ROI relativ zu der Homogenität innerhalb des ausgewählten ROI zunimmt, wenn die ausgewählten Shimspulen nicht angesteuert werden (312).

**[0029]** In einigen Implementierungen kann das spezifische Gewicht, das bei der Beschickung von Spulen in der ausgewählten Teilmenge von Shimspulen angewendet werden soll, bestimmt werden (314). Bei diesen Implementierungen kann dann ein elektrischer Strom durch Leistungsverstärker für jede der Shimspulen in der ausgewählten Teilmenge von Shimspulen (316) erzeugt werden. Die erzeugten elektrischen Ströme sind proportional zu den für jede Shimspule bestimmten Gewichten. Danach können die Leistungsverstärker die erzeugten elektrischen Ströme an jede Shimspule (318) verteilen.

**[0030]** In einigen Implementierungen umfasst das Treiben jeder Shimspule in der ausgewählten Teilmenge von Shimspulen das dynamische Verbinden

einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten Teilmenge von Shimspulen (320). In einigen Konfigurationen ist jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit einer der jeweiligen Shimspulen in der ausgewählten Teilmenge von Shimspulen (322) verbunden. In anderen Konfigurationen ist jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit mehr als einer der jeweiligen Shimspulen (324) verbunden. In diesen Konfigurationen kann die Anzahl der Leistungsverstärker kleiner sein als die Anzahl der verfügbaren Shimspulen. Somit kann eine Teilmenge von verfügbaren Shimspulen dynamisch auf Anforderung für ein bestimmtes Shimverfahren verbunden sein. Während des jeweiligen Shimverfahren kann die Teilmenge von Shimspulen, die dynamisch mit den Leistungsverstärkern verbunden sind, gleichzeitig angesteuert werden. Das Ansteuern der Shimspulen in der Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen, aber nicht in der Teilmenge, macht das Magnetfeld in der Region von Interesse homogener.

**[0031]** In einigen Implementierungen können Daten, auf die eine neue und eine andere Region von Interesse hindeutet, zugegriffen werden, was zu einem neuen Shimverfahren für das Magnetfeld innerhalb entsprechender physikalischer Koordinaten innerhalb der inneren Bohrung (101) führt. Zum Beispiel können Daten, die die neue Region von Interesse anzeigen, beispielsweise im Datenspeicher einer Steuerung (111) sein, die dem MRT-System (100) zugeordnet ist und auf die dann während des neuen Shimverfahrens zugegriffen wird. Die Koordinate der neuen Region von Interesse kann auf der Grundlage eines Bedieners bestimmt werden, der die neue Region von Interesse auswählt. Die neu gewählte Region von Interesse kann durch eine Steuerung (111) des MRT-Systems (100) in die physikalische Koordinate innerhalb der Innenbohrung (101) umgesetzt werden. Das neue Shimverfahren kann mit einer neuen und verschiedenen Teilmenge von Shimspulen durchgeführt werden, während die gleichen Leistungsverstärker verwendet werden. Die neue Teilmenge von Shimspulen kann besser maßgeschneidert sein, um das Shim in der neuen Region von Interesse als die frühere Teilmenge zu bewirken. Im Einzelnen umfasst das Treiben der Shimspulen in der neuen Teilmenge das Trennen der Gruppe von Leistungsverstärkern von der früheren Teilmenge von Shimspulen und danach das Verbinden der gleichen Gruppe von Leistungsverstärkern mit dem Absorbieren von Spulen in der neuen Teilmenge. Durch die Wiederverwendung der gleichen Leistungsverstärker können Hardware-Leistungsverstärker für verschiedene, für bestimmte Regionen von Interesse zugeschnittene Shimspulen eingesetzt werden.

**[0032]** Wie hierin verwendet, sind die Begriffe „umfasst“ und „umfassend“ so zu verstehen, daß sie ein-

schließlich und offen und nicht exklusiv sind. Insbesondere werden die Begriffe „umfasst“ und „umfassend“ sowie Variationen davon die spezifizierten Merkmale, Schritte oder Komponenten enthalten, wenn sie in der Beschreibung und den Ansprüchen verwendet werden. Diese Begriffe sind nicht zu interpretieren, um das Vorhandensein anderer Merkmale, Schritte oder Komponenten.

**[0033]** Wie hierin verwendet, bedeutet der Begriff „beispielhaft“ „als Beispiel, Instanz oder Illustration dienen“ und sollte nicht als bevorzugte oder vorteilhaft gegenüber anderen hierin offenbarten Konfigurationen ausgelegt werden.

**[0034]** Wie hierin verwendet, sollen die Begriffe „etwa“ und „ungefähr“ Variationen umfassen, die in den oberen und unteren Grenzen der Wertebereiche vorhanden sein können, wie z. B. Variationen in Eigenschaften, Parametern und Dimensionen. In einem nicht einschränkenden Beispiel bedeuten die Begriffe „etwa“ und „ungefähr“ plus oder minus 10 Prozent oder weniger.

**[0035]** Die oben beschriebenen spezifischen Ausführungsformen sind beispielhaft gezeigt worden, und es sollte verstanden werden, daß diese Ausführungsformen für verschiedene Modifikationen und alternative Formen anfällig sein können. Es versteht sich ferner, daß die Ansprüche nicht auf die offenbarten besonderen Formen beschränkt sein sollen, sondern um alle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die in den Geist und Umfang dieser Veröffentlichung fallen, abzudecken.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Magnetresonanztomographie(»MRT«)-Systems, welches umfasst:

Zugriff auf Daten, die eine erste Region zum Abbilden von einem Teil eines Gegenstandes anzeigen, wobei der Teil in einem Hauptmagneten des MRT-Systems angeordnet ist und der Hauptmagnet ein wesentlich gleichförmiges Magnetfeld erzeugt;

basierend auf den zugegriffenen Daten, Auswahl einer ersten Teilmenge von Shimspulen durch eine dem MRT-System zugeordneten Steuerung und aus einer Gruppe verfügbarer Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erhöht wird, wenn die Shimspulen in der ersten Teilmenge angesteuert werden; und

Ansteuern von Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe verfügbarer Shimspulen anzusteuern, so dass die Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region relativ zu der Homogenität des Magnetfeldes im ersten Bereich erhöht wird, wenn

die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner umfasst, Bestimmung der jeweiligen Gewichte, durch die Steuerung, die auf die Shimspulen in dem ausgewählten ersten Satz der Shimspulen angewendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ansteuern der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfasst:

Erzeugen eines elektrischen Stroms für jede Shimspule in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, der proportional zum jeweiligen Gewicht für die Shimspule ist; und

Verteilen der erzeugten elektrischen Ströme an die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ansteuern der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen das gleichzeitige Ansteuern der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ansteuern der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfasst:

Verbinden einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, wobei die Anzahl der Leistungsverstärker in der Gruppe niedriger als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern umfasst:

Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, so dass jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit einer der jeweiligen Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen verbunden ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern umfasst:

Verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, so dass jeder Leistungsverstärker in der Gruppe von Leistungsverstärkern mit mehr als einer jeweiligen Shimspule verbunden ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner umfasst:

Zugriff auf Daten, die eine zweite Region anzeigen, um einen anderen Teil des Gegenstandes abzubilden.

den, wobei die zweite Region sich von der ersten Region unterscheidet;  
 basierend auf den zugegriffenen Daten, die den zweiten Bereich angeben, Anwählen einer zweiten Teilmenge von Shimspulen durch eine dem MRT-System zugeordneten Steuerung und aus einer Gruppe von verfügbaren Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der zweiten Region von Interesse erhöht wird, wenn die Shimspulen in der zweiten Teilmenge angesteuert werden, wobei die ausgewählte zweite Teilmenge sich von der ausgewählten ersten Teilmenge durch mindestens eine Shimspule unterscheidet; und  
 Ansteuern von Shimspulen in der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen, ohne andere Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen anzusteuern, so dass die Homogenität des Magnetfeldes in der zweiten Region relativ zur Homogenität des Magnetfeldes im zweiten Bereich erhöht wird, wenn die Shimspulen der ausgewählten zweiten Teilmenge nicht angesteuert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß:

das Ansteuern der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen umfasst das Verbinden einer Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, wobei die Anzahl der Leistungsverstärker in der Gruppe niedriger als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen ist; und  
 das Ansteuern der Shimspulen der zweiten Teilmenge von Shimspulen umfasst:  
 Trennen der Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen; und  
 nach dem Trennen der Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen, verbinden der Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen.

10. Magnetresonanztomographie(MRT)-System, welches umfasst:

ein Gehäuse mit einer Bohrung, in der ein abzubildender Gegenstand angeordnet ist;  
 einen Hauptmagneten, der von dem Gehäuse aufgenommen ist und so konfiguriert ist, daß er ein wesentlich gleichförmiges Magnetfeld innerhalb der Bohrung erzeugt;  
 eine Gruppe von verfügbaren Shimspulen, die um das Gehäuse herum angeordnet sind und so konfiguriert sind, daß sie eine Homogenität des Magnetfeldes erhöhen;  
 Impuls-Erzeugungsspulen zum Erzeugen und Anlegen von Hochfrequenz(HF)-Impulsen in Folge, um den Gegenstand zu scannen;  
 Gradientenspulen, um Störungen für das wesentlich gleichförmige Magnetfeld bereitzustellen, das MRT-

Signale kodiert, die als Reaktion auf die angelegten HF-Impulse erfasst werden;  
 eine Steuerung, die mit dem Hauptmagneten gekoppelt ist und konfiguriert ist, so dass:  
 Zugriff auf Daten, die eine erste Region zum Abbilden von einem Teil eines Gegenstandes anzeigen;  
 basierend auf den zugegriffenen Daten, Auswahl einer ersten Teilmenge von Shimspulen durch eine dem MRT-System zugeordneten Steuerung und aus einer Gruppe verfügbarer Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erhöht wird, wenn die Shimspulen in der ersten Teilmenge angesteuert werden; und  
 Verursachen, daß jede Shimspule in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen ohne andere Shimspulen in der Gruppe verfügbarer Shimspulen angesteuert werden, so dass Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region relativ zur Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erhöht wird, wenn die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert sind.

11. MRT-System nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung ferner konfiguriert ist, so dass:

Bestimmen der jeweiligen Gewichte, die auf die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen anzuwenden sind.

12. MRT-System nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch:

eine Gruppe von Leistungsverstärkern, wobei die Anzahl der Leistungsverstärker niedriger als die Anzahl der Shimspulen in der Gruppe der verfügbaren Shimspulen ist.

13. MRT-System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Leistungsverstärker konfiguriert ist, zur:

Erzeugung eines elektrischen Stroms für jede der Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen entsprechend dem bestimmten jeweiligen Gewicht.

14. MRT-System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Leistungsverstärker mit einer jeweiligen Shimspule verbunden ist.

15. MRT-System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Leistungsverstärker mit mehr als einer Shimspule verbunden ist.

16. MRT-System nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Shimspule konfiguriert ist, zur:

Anwendung einer Feldkorrektur auf das Magnetfeld gemäß einer bestimmten Ordnungsbasisfunktion.

17. MRT-System nach Anspruch 16, wobei die bestimmte Ordnungsbasisfunktion eine sphärische harmonische Funktion ist.

18. MRT-System nach Anspruch 11, wobei die ausgewählte erste Teilmenge von Shimspulen einer Gruppe von Basisfunktionen entspricht und wobei mehr als eine Ordnungsbasisfunktion gemäß des jeweiligen bestimmten Gewichtes gemischt wird.

19. MRT-System nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung konfiguriert ist, zum:

Zugriff auf Daten, die einer zweiten Region zum Ab-bilden eines Teils des in der Bohrung angeordneten Gegenstandes;

basierend auf den zugegriffenen Daten, die die zweite Region angeben, Auswahl einer zweiten Teilmenge von Shimspulen durch eine dem MRT-System zugeordnete Steuerung und aus einer Gruppe von verfügbaren Shimspulen, die so angeordnet und konfiguriert sind, daß eine Homogenität des Magnetfeldes in der zweiten Region von Interesse erhöht wird, wenn die Shimspulen in der zweiten Teilmenge angesteuert werden, wobei die ausgewählte zweite Teilmenge sich von der ausgewählten ersten Teilmenge durch mindestens eine Shimspule unterscheidet; und Verursachen, daß jede Shimspule in der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen ohne andere Shimspulen in der Gruppe verfügbarer Shimspulen angesteuert wird, so dass die Homogenität des Magnetfeldes in der zweiten Region relativ zu der Homogenität des Magnetfeldes in der ersten Region erhöht wird, wenn die Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge nicht angesteuert sind.

20. MRT-System nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung konfiguriert ist, zum

Verursachen, daß die Shimspulen in der ausgewählten ersten Teilmenge angesteuert werden, umfasst: Verursachen, daß eine Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten ersten Teilmenge von Shimspulen verbunden ist; und

Verursachen, daß die Shimspulen in der ausgewählten zweiten Teilmenge der Shimspulen angesteuert werden, umfasst:

Verursachen, daß die Gruppe von Leistungsverstärkern von der ausgewählten ersten Teilmenge von Leistungsverstärkern getrennt wird; und

nachdem die Gruppe von Leistungsverstärkern von den Shimspulen der ausgewählten ersten Teilmenge getrennt wurde, Verursachen, daß die Gruppe von Leistungsverstärkern mit der ausgewählten zweiten Teilmenge von Shimspulen verbunden wird.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

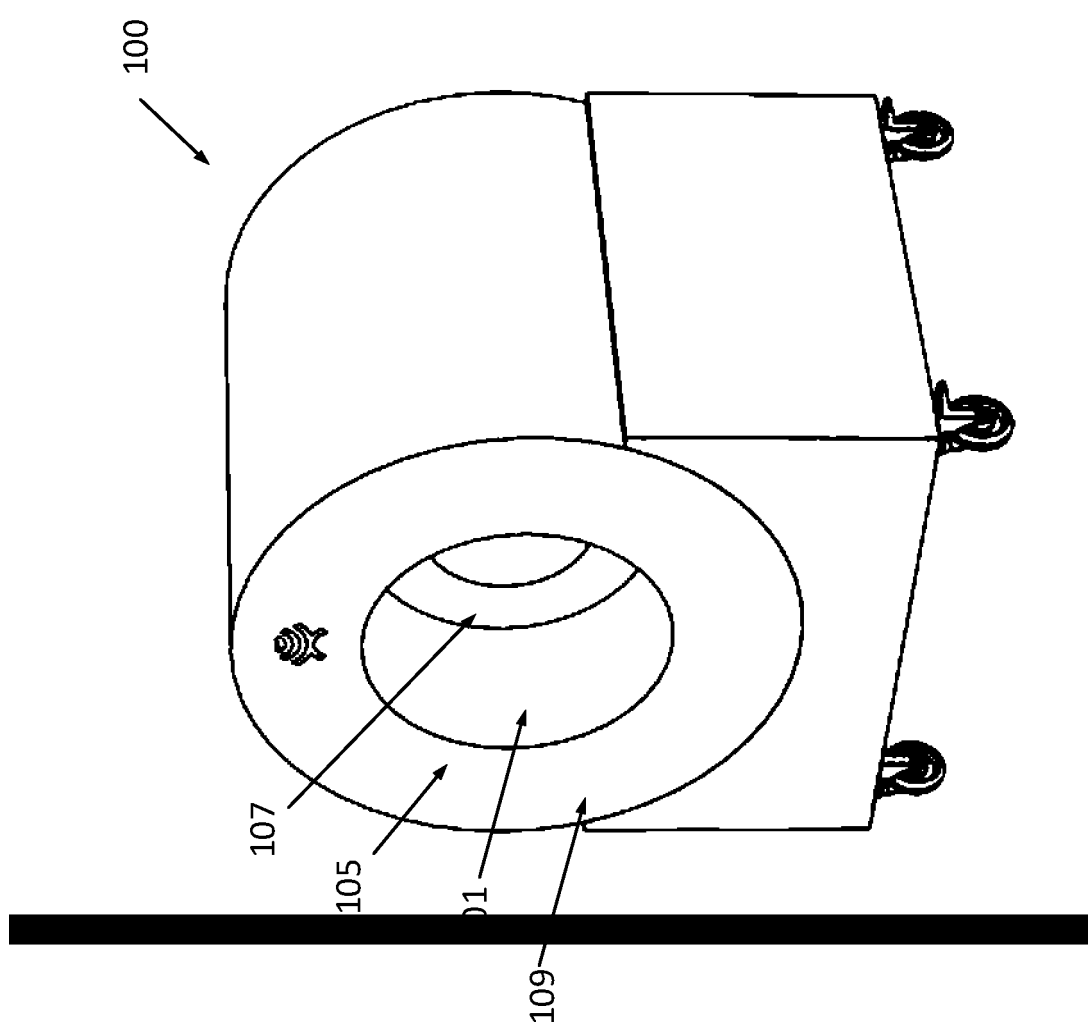


FIG. 1A

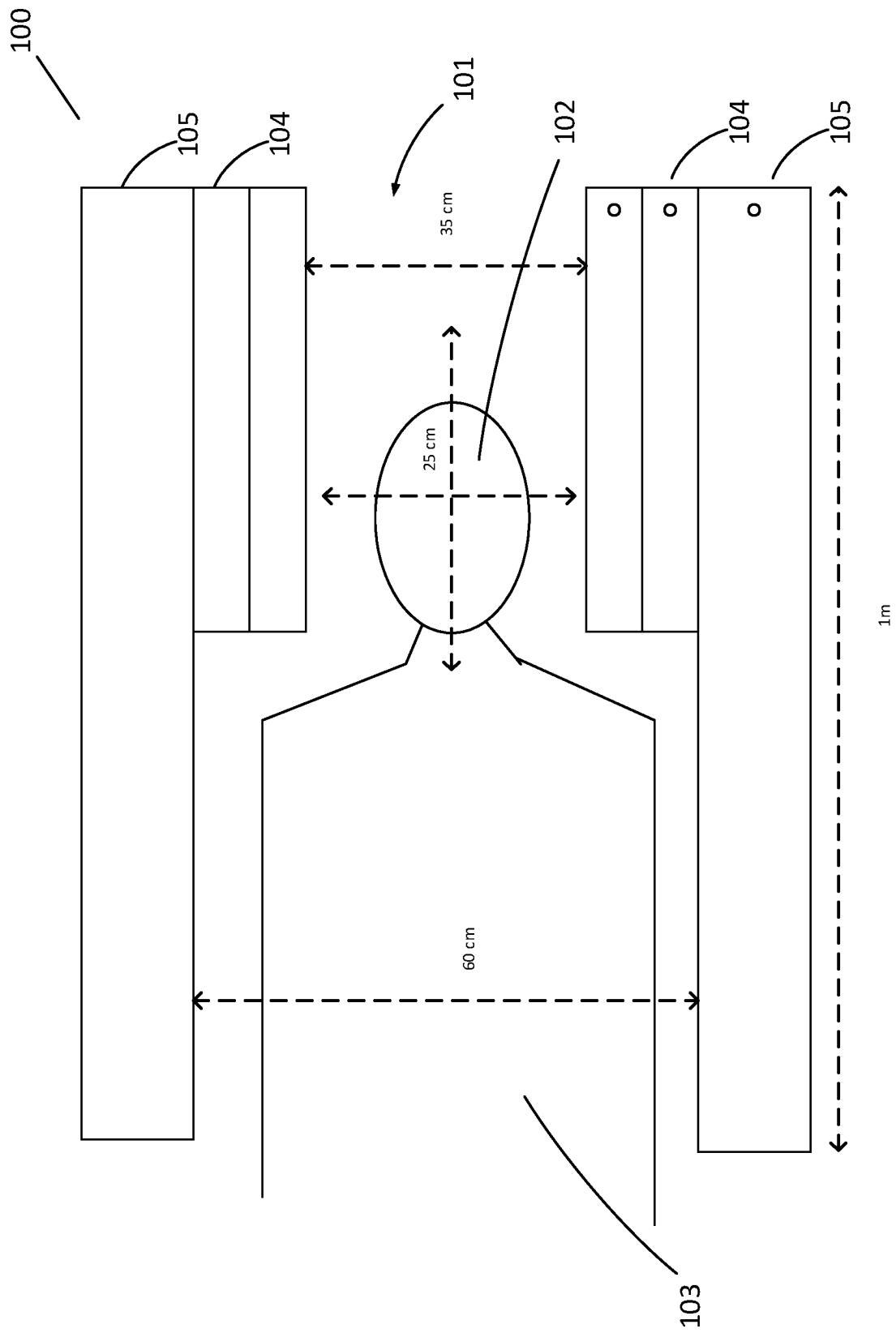
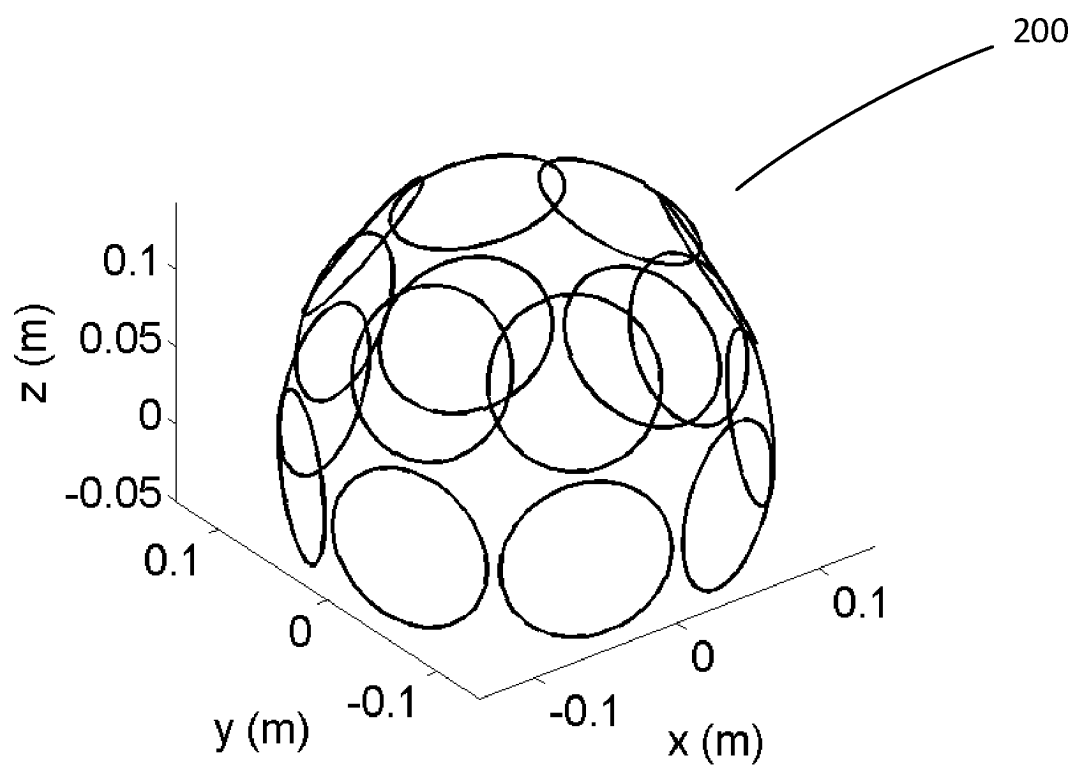
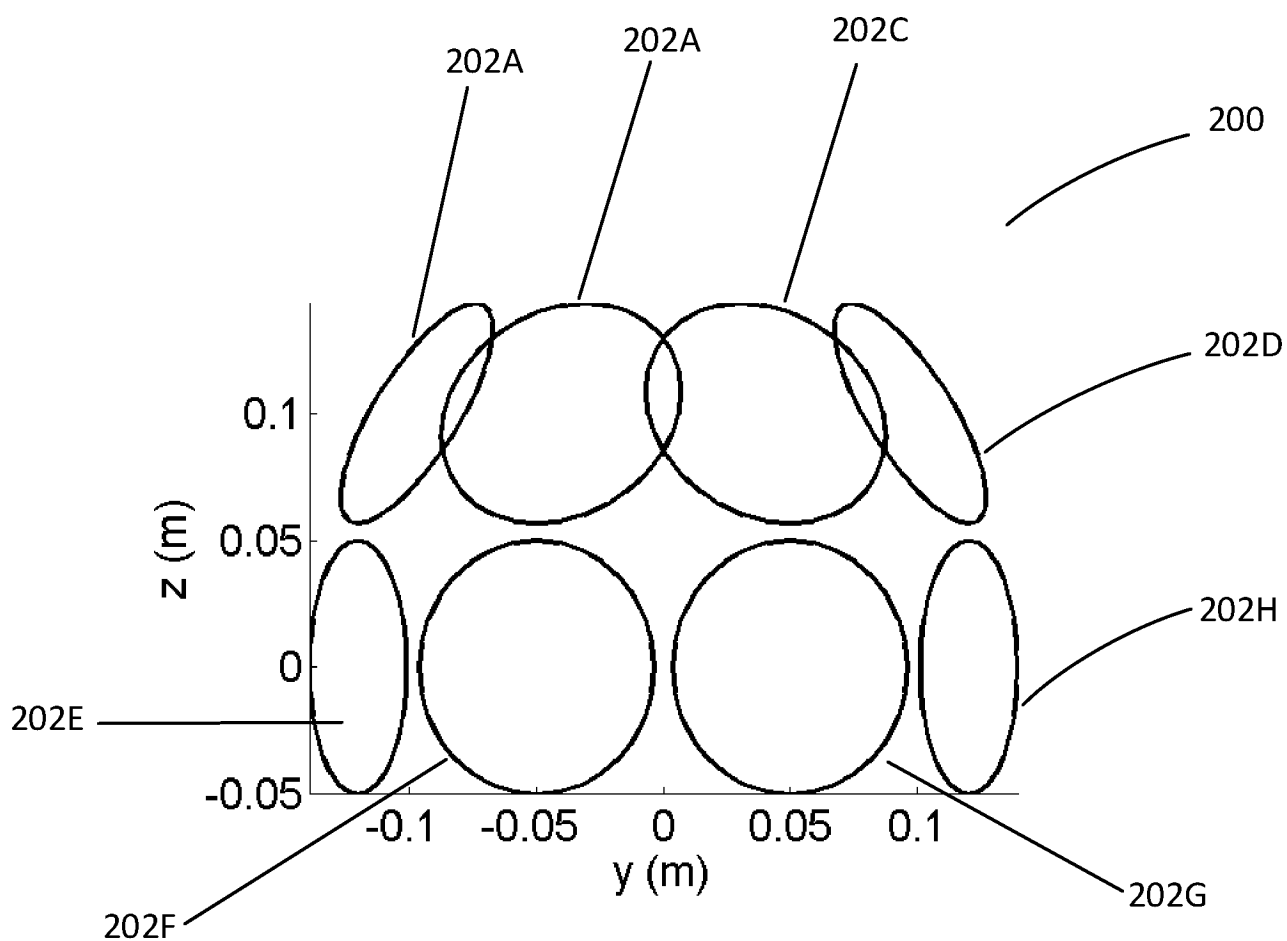


FIG. 1B



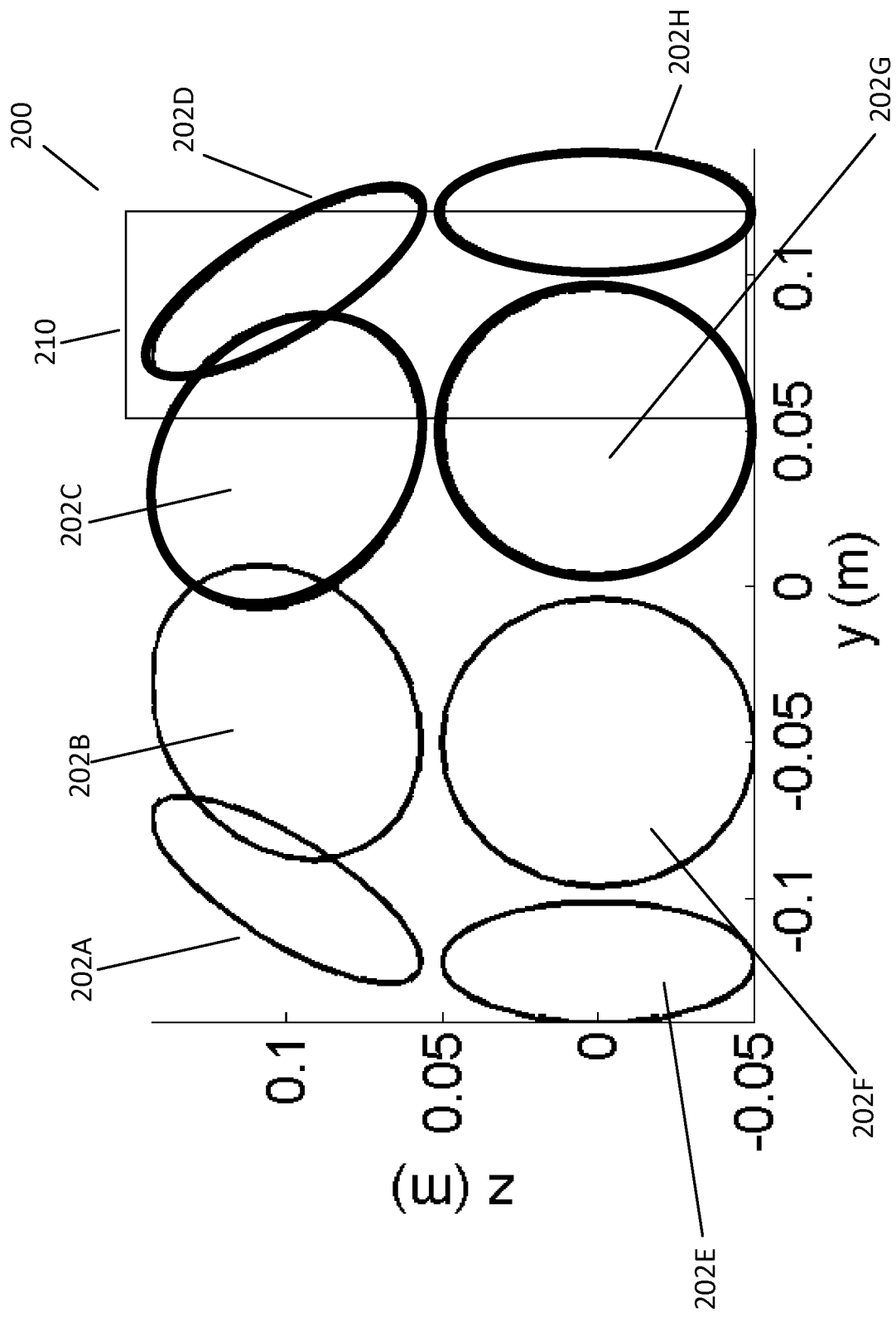
16-Kanal HF- / Shimspulenanordnung (3D-Ansicht)

FIG. 2A



16-Kanal HF- / Shimspulenanordnung (Seitenansicht)

FIG. 2B



Region von Interesse (grau), aktive Spulen (schwarz, fettgedruckt),  
inaktive Spulen (schwarz)

FIG. 2C

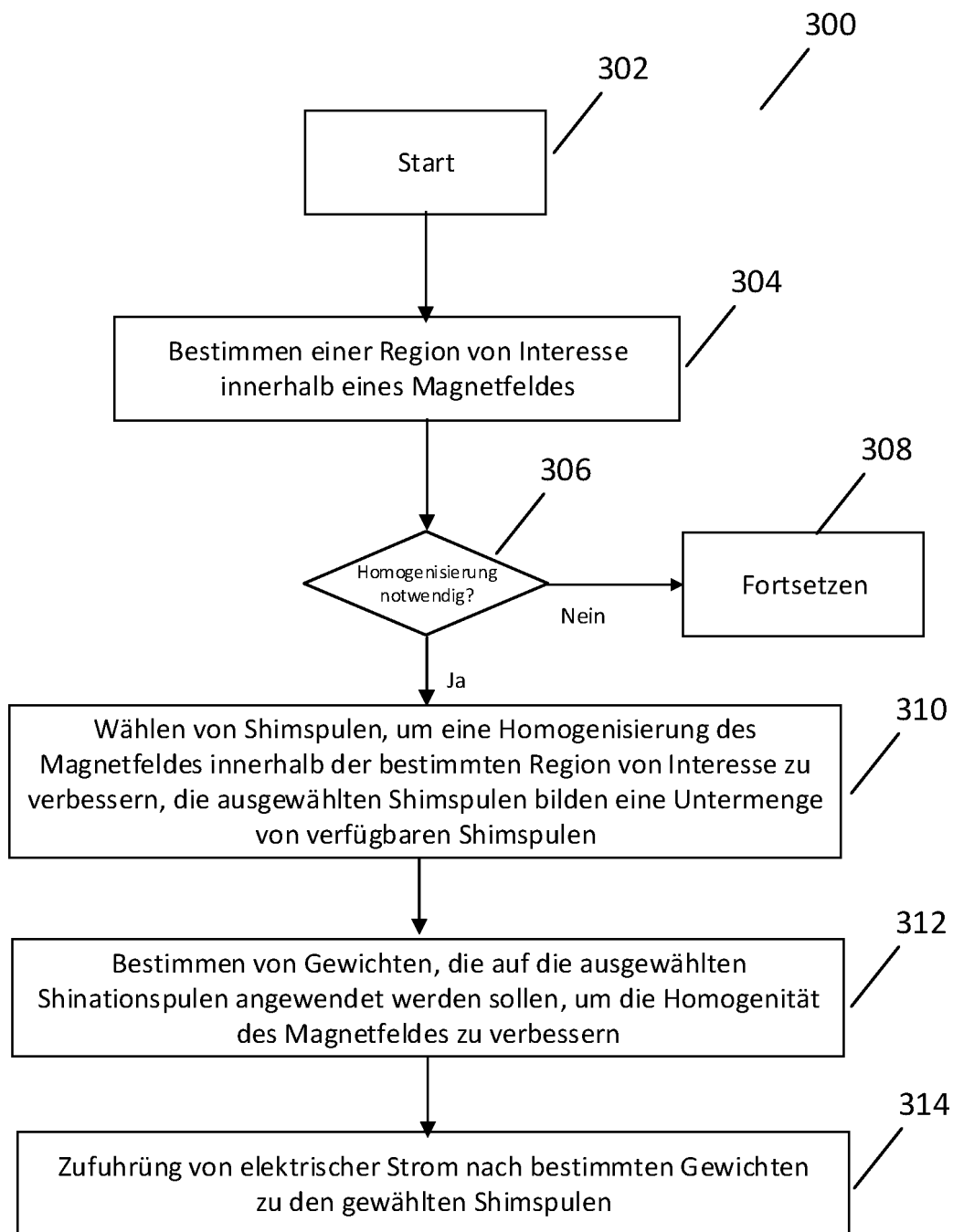


FIG. 3A

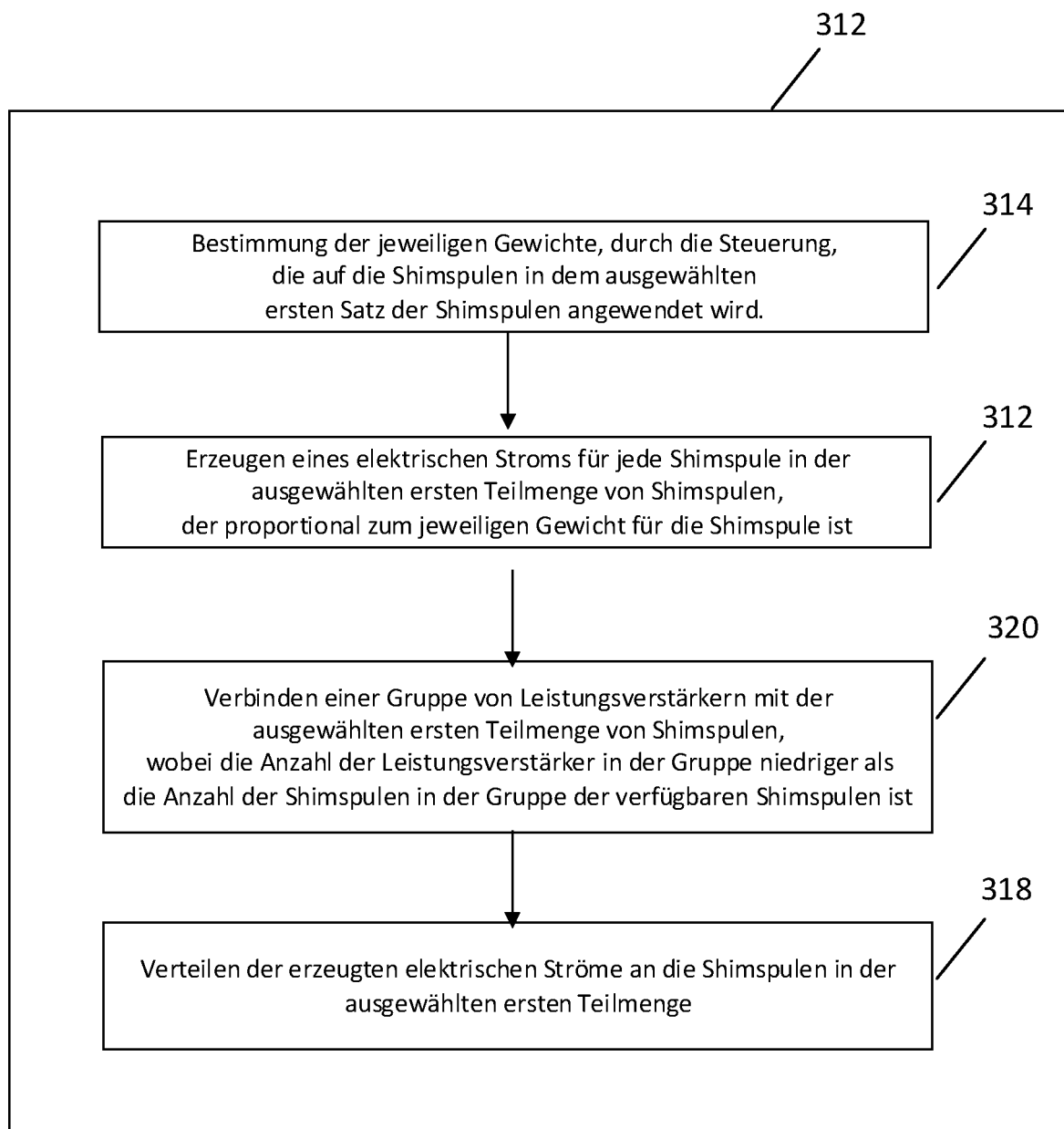


FIG. 3B

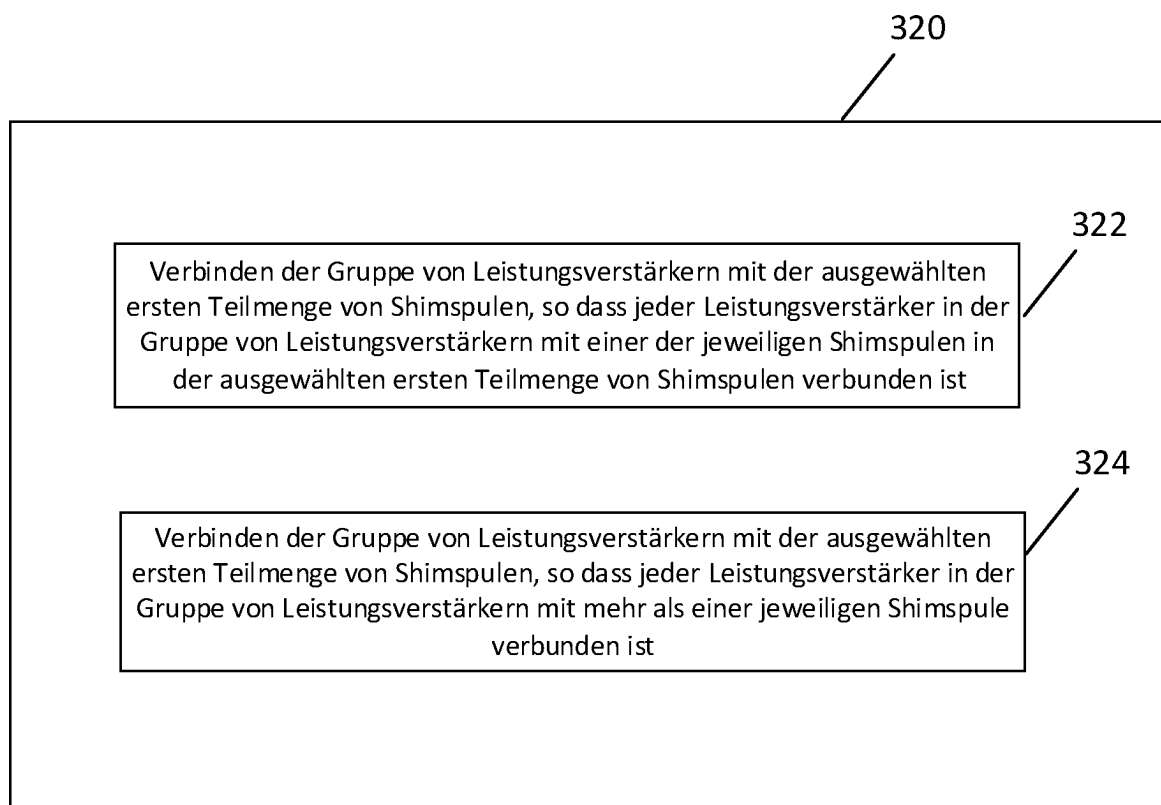


FIG. 3C