



(10) **DE 10 2013 104 913 A1** 2013.11.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 104 913.3**

(22) Anmeldetag: **13.05.2013**

(43) Offenlegungstag: **14.11.2013**

(51) Int Cl.: **G06F 1/04 (2013.01)**  
**G06F 1/08 (2013.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/470,442**      **14.05.2012**      **US**

(71) Anmelder:  
**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

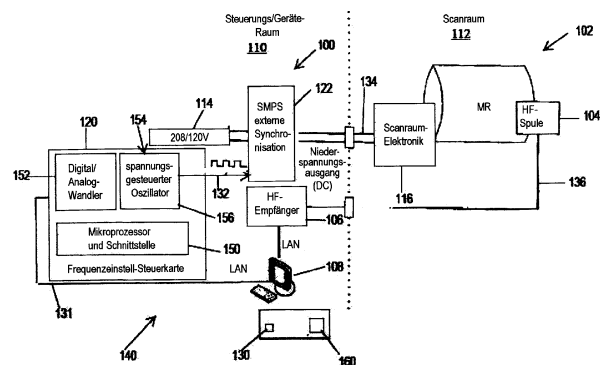
(74) Vertreter:  
**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728,  
Esslingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Malaney, James, Waukesha, Wis., US; Black,  
Jennifer, Waukesha, Wis., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Störungsbekämpfung in einem medizinischen Bildgebungssystem**

(57) Zusammenfassung: Es wird Störungsverhinderungssystem (100) bereitgestellt, das einen Prozessor (108), der dafür eingerichtet ist, eine Störung in einem Bildgebungssystem (102) zu messen und ein Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung-(SMPS)-Eingangssignal auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen, und eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (122) aufweist, die dafür eingerichtet ist, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen und eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals einzustellen, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des Bildgebungssystems befinden.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Der hierin beschriebene Erfindungsgegenstand betrifft allgemein Bildgebungssysteme und insbesondere ein Störungsbekämpfungssystem, wie z.B. für ein Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-System.

**[0002]** MRI ist eine medizinische Bildgebungsmodalität, die Bilder des Inneren eines menschlichen Körpers ohne Anwendung von Röntgenstrahlen oder anderer ionisierender Strahlung erzeugt. Das MRI-System nutzt HF-Spulen, um Hochfrequenzsignale zu verstärken, die von Atomen in einem menschlichen oder tierischen Körper nach Anregung durch einen HF-Impuls unter Aussetzung an ein konstantes Magnetfeld emittiert werden.

**[0003]** In Betrieb ist das MRI-Bildgebungssystem gegenüber HF-Störung empfindlich, die die Betriebsfrequenz des MRI-Systems überlappt. Demzufolge sollte die MRI-Empfangsschaltung frei von ungewollter Störung sein, die mit der Betriebsfrequenz des MRI-Systems zusammenfällt. Um die ungewollte Störung zu reduzieren, werden in dem MRI-System genutzte oder in der Nähe des MRI-Systems angeordnete Peripheriegeräte typischerweise untersucht, um zu ermitteln, ob die Peripheriegeräte Oberwellensignale erzeugen, die das arbeitende MRI-System beeinträchtigen können und somit eine ungewollte Störung verursachen können.

**[0004]** Beispielsweise ist eine bekannte mögliche Quelle einer ungewollten Störung eine Stromversorgungseinrichtung, die Strom an das MRI-System und/oder die peripheren Geräte liefert. Wenigstens eine bekannte mit dem MRI-System verwendete Stromversorgungseinrichtung ist eine lineare Stromversorgungseinrichtung. In Betrieb erzeugt die lineare Stromversorgungseinrichtung Strom mit einer Frequenz, die vorgewählt ist, dass sie keine ungewollte Störung erzeugt. Jedoch arbeiten herkömmliche lineare Stromversorgungseinrichtungen in einem vorbestimmten Frequenzband oder Bereich. Demzufolge kann die lineare Stromversorgungseinrichtung in Betrieb immer noch Signale mit Oberwellen erzeugen, die zu ungewollter Störung führen. Ferner sind herkömmliche lineare Stromversorgungseinrichtungen und zugeordnete Regler relativ groß, schwer, ineffizient und teuer.

### Kurzbeschreibung der Erfindung

**[0005]** In einer Ausführungsform wird ein Störungsverhinderungssystem beschrieben. Das Störungsverhinderungssystem enthält einen Prozessor, der dafür eingerichtet ist, Störung in einem Bildgebungssystem zu messen. Der Prozessor

erzeugt ein Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung-(SMPS)-Eingangssignal auf der Basis der gemessenen Störung. Eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung ist dafür eingerichtet, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen, und stellt eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals ein, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des Bildgebungssystems befinden.

**[0006]** In einer weiteren Ausführungsform wird ein Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-System beschrieben. Das MRI-System enthält eine HF-Spule und ein mit der HF-Spule gekoppeltes Störverhinderungssystem. Das Störungsverhinderungssystem enthält einen Prozessor, der dafür eingerichtet ist, HF-Information von der HF-Spule zu empfangen, Störung in dem MRI-System unter Verwendung der HF-Information zu messen und ein Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung-(SMPS)-Eingangssignal auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen. Eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung ist dafür eingerichtet, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen, und stellt eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals ein, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des MRI-Systems befinden.

**[0007]** In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Kalibrieren eines MRI-Systems bereitgestellt. Das Verfahren beinhaltet die Messung einer Störung in dem MRI-Bildgebungssystem, die Erzeugung eines Signals auf der Basis der gemessenen Störung und die Einstellung einer Schaltfrequenz einer Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (SMPS) auf der Basis des Signals, um das System bei einer Frequenz zu betreiben, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des MRI-Bildgebungssystems befinden.

### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0008]** [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung eines gemäß verschiedenen Ausführungsformen ausgebildeten Störbekämpfungssystems.

**[0009]** [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Kalibrieren eines Bildgebungssystems gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

**[0010]** [Fig. 3](#) ist eine graphische Darstellung verschiedener Resonanzfrequenzen, welche von dem in [Fig. 1](#) dargestellten System gemäß verschiedenen Ausführungsformen genutzt werden können.

**[0011]** **Fig. 4** ist eine Blockdarstellung eines gemäß verschiedenen Ausführungsformen ausgebildeten Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-Systems.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0012]** Ausführungsformen der Erfindung werden besser verständlich, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen werden. Sofern die Figuren Darstellungen der Funktionsblöcke von verschiedenen Ausführungsformen veranschaulichen, sind die Funktionsblöcke nicht notwendigerweise für die Unterteilung innerhalb einer Hardware-schaltung bezeichnend. Somit können beispielsweise einer oder mehrere von den Funktionsblöcken (zum Beispiel Prozessoren oder Speicher) in einem einzigen Hardwareteil (zum Beispiel in einem Allzweck-Signalprozessor oder einem Arbeitsspeicher, einer Festplatte oder dergleichen) oder mehreren Hardwareteilen implementiert sein. Ebenso können die Programme eigenständige Programme sein, können als Subroutinen in einem Betriebssystem eingebaut sein, können Funktionen in einem installierten Softwarepaket und dergleichen sein. Es dürfte sich verstehen, dass die verschiedenen Ausführungsformen nicht auf die in den Zeichnungen dargestellten Anordnungen und die Instrumentalität beschränkt sind.

**[0013]** So wie hierin verwendet, sollen ein in der Singularform angegebenes Element oder ein Schritt und dem auch die Worte "einer, eine, eines" vorangestellt sind, nicht als mehrere Elemente oder Schritte ausschließlich betrachtet werden, soweit nicht ein derartiger Ausschluss explizit angegeben wird. Ferner sollen Bezugnahmen auf "eine Ausführungsform" der vorliegenden Erfindung nicht weitere ebenfalls die angegebenen Merkmale enthaltende Ausführungsformen ausschließen. Ferner können, soweit nicht explizit gegenteilig angegeben, Ausführungsformen, die ein Element oder mehrere Elemente "aufweisen" oder "haben", zusätzliche derartige Elemente beinhalten, die nicht diese Eigenschaft haben.

**[0014]** Verschiedene Ausführungsformen stellen ein Störungsverhinderungssystem (NACS – noise abatement system) bereit, das dazu genutzt wird, eine ungewollte Störung, die den Betrieb eines Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-Systems stören kann, zu reduzieren und/oder zu beseitigen. Das NACS enthält eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (SMPS), die dafür eingerichtet ist, Strom an das MRI-System zu liefern. In Betrieb empfängt die SMPS ein Eingangssignal von einer externen Quelle und gibt auf der Basis des empfangenen Eingangssignals ein Stromsignal mit Schaltfrequenzoberwellen aus, die außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des MRI-Systems liegen.

**[0015]** **Fig. 1** ist eine vereinfachte Blockdarstellung, die ein gemäß verschiedenen Ausführungsformen ausgebildetes NACS **100** darstellt. In Betrieb ist das NACS **100** dafür eingerichtet, eine Stromversorgungseinrichtung für ein System zu bereitzustellen. In der dargestellten Ausführungsform ist das System ein MRI-System **102**. Es dürfte jedoch erkennbar sein, dass das NACS **100** dafür ausgelegt sein kann, jedes beliebige System mit Strom zu versorgen. Beispielsweise kann das System **102** in verschiedenen anderen Ausführungsformen unter anderem ein Positronen-Emissionstomographie-(PET)-System, ein Einzelphotonen-Emissions-Computertomographie-(SPECT)-System, ein Computertomographie-(CT)-Bildgebungssystem, ein Ultraschall-Bildgebungssystem und/oder ein Röntgen-System sein. Das MRI-System **102** enthält wenigstens eine HF-Spule **104** und einen HF-Empfänger **106**. In Betrieb wird das Ausgangssignal von der HF-Spule **104**, welche eine einzelne HF-Spule oder ein Array von HF-Spulen sein kann, an den HF-Empfänger **106** übertragen. Ein Ausgangssignal von dem HF-Empfänger **106** kann dann an einen Prozessor oder eine Arbeitsstation **108** für eine zusätzliche Verarbeitung gemäß nachstehender detaillierterer Beschreibung übertragen werden.

**[0016]** In der dargestellten Ausführungsform befindet sich das NACS **100** in einem Steuerungs/Geräte-Raum **110** und das MRI-System **102** befindet sich in einem getrennten Scanraum **112**. In weiteren Ausführungsformen kann das NACS **100** mit dem MRI-System **102** in dem Scanraum **112** angeordnet sein. Das MRI-System **102** ist dafür eingerichtet, Strom aus einer Netzstromversorgungseinrichtung **114** zu empfangen, welche durch das NACS **100** gesteuert wird. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Eingangssignal in die Netzstromversorgungseinrichtung **114** jede beliebige Spannung oder Frequenz sein, die dazu genutzt werden können, das MRI-System **102** einschließlich der Scanraumelektronik **116** zu betreiben. Es dürfte erkennbar sein, dass der tatsächliche Strom einschließlich der Betriebsfrequenz des an das MRI-System **102** gelieferten Stroms unter Verwendung des NACS **100** wie nachstehend detaillierter diskutiert gesteuert oder geregelt werden kann.

**[0017]** In verschiedenen Ausführungsformen enthält das NACS **100** eine Frequenzeinstell-Steuervorrichtung **120** und eine Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (SMPS) **122**, die mit der Frequenzeinstell-Steuervorrichtung **120** gekoppelt ist. Die Frequenzeinstell-Steuervorrichtung **120** kann als eine gedruckte Leiterplatte (PCB) implementiert sein. Insbesondere können die verschiedenen Bauelemente oder Komponenten, die die Frequenzeinstell-Steuervorrichtung **120** ausbilden, in verschiedenen Ausführungsformen auf nur einer einzigen PCB montiert sein.

**[0018]** In Betrieb sendet die Arbeitsstation **108** einen Befehl **130**, welcher auch als ein NACS-Eingangssignal bezeichnet werden kann, über eine Kommunikationsverbindung **131** an das NACS **100**, die das NACS **100** anweist, seine Frequenz entweder zu erhöhen oder zu erniedrigen. Auf der Basis des Befehls **130** ist die Frequenzeinstell-Steuvorrichtung **120** dafür eingerichtet, ein hierin als das SMPS-Eingangssignal **132** bezeichnetes Ausgangssignal an die SMPS **122** auszugeben. In Betrieb steuert das SMPS-Eingangssignal **132** den Betrieb der SMPS **122** dergestalt, dass die SMPS **122** ein Ausgangssignal **134** an das MRI-System **102** ausgibt. Insbesondere wird die HF-Information **136** von der HF-Spule **104** an die Arbeitsstation **108** über den HF-Empfänger **106** übertragen. Die Arbeitsstation **108** führt verschiedene Verarbeitungstechniken auf der Basis der HF-Information **136** durch, um den Befehl **130** zu erzeugen, welcher von dem NACS **100** verwendet wird, um das SMPS-Eingangssignal **132** zu erzeugen.

**[0019]** In Betrieb wird die HF-Information **136** von dem MRI-System **102** an das NACS **100** mittels der Arbeitsstation **108** übertragen, die ein Kommunikationsnetzwerk **140** nutzt. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Kommunikationsnetzwerk **140** als ein lokales Netzwerk (LAN) implementiert sein. Beispielsweise kann ein Teil des Kommunikationsnetzes **140** als ein Wi-Fi-Netzwerk (IEEE 802.11) implementiert sein, um eine drahtlose Kommunikation der Arbeitsstation **108** mit dem NACS **100** zu ermöglichen, oder um der HF-Spule **104** zu ermöglichen, drahtlos Information an die Arbeitsstation **108** zu übertragen.

**[0020]** In weiteren Ausführungsformen kann ein Abschnitt des Kommunikationsnetzwerkes **140** als eine drahtgebundene Verbindung implementiert sein, wie z.B. als eine drahtgebundene IEEE 802.3-(Ethernet)-Verbindung und/oder als eine Universal-Service Bus (USB) Verbindung. Beispielsweise kann der HF-Empfänger **106** mit der Arbeitsstation **108** unter Verwendung einer drahtgebundenen Verbindung verbunden sein und die Arbeitsstation **108** kann drahtlos mit dem NACS **100** unter Verwendung eines Wi-Fi-Systems verbunden sein. In anderen Ausführungsformen kann der HF-Empfänger **106** mit der Arbeitsstation **108** über Ethernet kommunizieren, während die Arbeitsstation **108** mit dem NACS **100** über USB-Verbindungen kommuniziert. Ferner kann die Arbeitsstation **108** die Funktion eines Routers haben, um dem HF-Empfänger **106** zu ermöglichen, mit der Arbeitsstation **108** und dem NACS **100** über das Internet zu kommunizieren. Obwohl verschiedene Ausführungsformen in Bezug auf eine Gesundheitsfürsorgeumgebung beschrieben werden, kann das NACS **100** auch in Nicht-Gesundheitsfürsorgeumgebungen verwendet werden.

**[0021]** In verschiedenen Ausführungsformen enthält das NACS **100** einen Prozessor **150**, einen Digital/Analog-(D/A)-Wandler **152** und einen verstellbaren Frequenzgenerator **154**. In der dargestellten Ausführungsform ist der verstellbare Frequenzgenerator **154** ein spannungsgesteuerter Oszillator **156**. Es sollte jedoch erkennbar sein, dass weitere Implementierungen verwendet werden können. Derartige Implementierungen umfassen unter anderem beispielsweise ein vor Ort programmierbares Gate-Array mit einer Phasenregelschleife.

**[0022]** In Betrieb ist der Prozessor **150** dafür eingerichtet, den Befehl **130** zu empfangen und verschiedene Verarbeitungstechniken an den Befehl **130** durchzuführen, um die Qualität des Befehls **130** für die anschließende Verarbeitung zu verbessern. Die verschiedenen Verarbeitungstechniken können beispielsweise eine Filterung des Befehls **130**, eine Glättung des Befehls **130**, usw. beinhalten.

**[0023]** Nach der Verarbeitung durch den Prozessor **150** wird das Ausgangssignal an den D/A-Wandler **152** übertragen. In Betrieb empfängt der D/A-Wandler **152** digitale Information von dem Prozessor **150**, die auf der Basis des Befehls **130** erzeugt wird, und wandelt die digitale Information in ein analoges Signal um, das den spannungsgesteuerten Oszillator **156** steuert.

**[0024]** Im Wesentlichen ist der verstellbare Frequenzgenerator **154** dafür eingerichtet, einen digitalen Auslösepuls mit einer Wiederholungsfrequenz zu erzeugen, die auf der NACS-Eingangsinformation von dem Prozessor **150** oder der Arbeitsstation **108** basiert. In Betrieb basiert die Frequenz auf dem von dem D/A-Wandler **152** empfangenen Eingangssignal und insbesondere auf der NACS-Eingangsinformation von dem Prozessor **150** oder der Arbeitsstation **108**. Wie vorstehend beschrieben, ist der verstellbare Frequenzgenerator **154** in der dargestellten Ausführungsform als ein spannungsgesteuerter Oszillator **156** implementiert. Der spannungsgesteuerte Oszillator **156** ist dafür eingerichtet, die NACS-Eingangsinformation von der Arbeitsstation **108** zu nutzen, um das SMPS-Eingangssignal **132** zu erzeugen. Insbesondere steuert der spannungsgesteuerte Oszillator **156** die Wiederholungsfrequenz des SMPS-Eingangssignals **132** auf der Basis der NACS-Eingangsinformation von der Arbeitsstation **108**. Somit ermöglicht Information von der Arbeitsstation **108** für das NACS **100** eine Steuerung des spannungsgesteuerten Oszillators **156**, um die Frequenz der SMPS-Eingangssignale **132** zu verändern.

**[0025]** Die SMPS **122** ist dafür eingerichtet, Strom an das MRI-System **102** zu liefern. Insbesondere ist die SMPS dafür eingerichtet, die Frequenz zu steuern, bei welcher die SMPS **132** arbeitet, um die Spannung zu regeln. In verschiedenen Ausführungsfor-

men kann die SMPS **122** beispielsweise mehrere Stufen zum Steuern der Spannung des an das MRI-System **102** und/oder die Scanraumelektronik **112** gelieferten Stroms enthalten. Beispielsweise kann die SMPS **132** eine Eingangsfiltersstufe zum Reduzieren und/oder Beseitigen einer elektrischen Überlagerung in dem an die SMPS **102** von der Netzstromversorgungseinrichtung **114** gelieferten Strom enthalten. Die SMPS **122** kann einen Hauptgleichrichter enthalten, der den Wechselstrom bzw. AC-Strom von der Stromversorgungseinrichtung **104** in eine impulsförmige nicht-kontinuierliche DC-Wellenform bzw. DC-Wellenform umwandelt. Die SMPS **122** kann auch mehrere Hauptkondensatoren zum Glätten der nicht-kontinuierlichen DC-Wellenform in eine im Wesentlichen geglättete konstante DC-Wellenform enthalten. Die SMPS **122** kann auch mehrere Schalttransistoren oder Schalter zum Zurückwandeln der geglätteten konstanten DC-Wellenform in eine nicht-kontinuierliche oder impulsförmige DC-Wellenform enthalten. Es dürfte erkennbar sein, dass die Frequenz der impulsförmigen DC-Wellenform in der exemplarischen Ausführungsform auf der Basis des Befehls **130** gesteuert wird. Die SMPS **122** kann auch wenigstens einen Transformator zum Verändern des Spannungspegels des von der Netzstromversorgungseinrichtung **114** erhaltenen Signals auf einen von dem MRI-System **102** nutzbaren Spannungspegel enthalten. Die SMPS **122** kann auch wenigstens einen Gleichrichter, wie z.B. einen Brückengleichrichter enthalten, um zu ermöglichen, dass die impulsförmige DC-Wellenform nur in einer Richtung fließt. Die SMPS **122** kann zusätzlich eine Ausgangsfiltersstufe enthalten, die dafür eingerichtet ist, die Restwelligkeit des DC-Spannungsausgangssignals zu glätten, welche durch die Schalttransistoren erzeugt werden kann. Demzufolge ist das Stromsignal **134** eine durch eine bei einer Frequenz auf der Basis des Befehls **130** arbeitende SMPS **122** geregelte DC-Spannung. In verschiedenen Ausführungsformen enthält die Arbeitsstation **108** ein Störungsanalysemodul **160**, das dafür eingerichtet ist, den Befehl **130** zu erzeugen, wie es nachstehend detaillierter beschrieben wird. Es dürfte erkennbar sein, dass die SMPS **122** mit Schaltungen oder Komponenten implementiert sein kann, die sich von den vorstehend beschriebenen Schaltungen und Komponenten unterscheiden.

[0026] **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens **200** zum Kalibrieren eines Systems, wie z.B. des in **Fig. 1** dargestellten MRI-Systems **102**. In Betrieb kann eine ungewollte Störung auftreten, wenn ein mit dem MRI-System **102** genutztes Gerät, wie z.B. die Netzstromversorgungseinrichtung **114** mit einer solchen Frequenz arbeitet, dass Oberwellen erzeugt werden, die den Betrieb des MRI-Systems **102** stören können. Insbesondere kann die HF-Spule **104** zum Erzeugen von Impulsen von HF-Energie bei der oder in der Nähe der Resonanzfrequenz von ver-

schiedenen Kernen, die detektiert werden sollen, verwendet werden. Beispielsweise ist **Fig. 3** eine graphische Darstellung verschiedener Resonanzfrequenzen, welche von dem MRI-System **102** verwendet werden können. In der dargestellten Ausführungsform kann die HF-Spule **104** auf die Resonanzfrequenz von Wasserstoffkernen abgestimmt sein, welche hierin auch als die Larmor-Frequenz bezeichnet wird, welche in exemplarischen Ausführungsformen 64 MHz für ein 1,5 Tesla-(T)-MRI-System ist. In verschiedenen weiteren Ausführungsformen kann die HF-Spule **104** auf die Resonanzfrequenz von Helium abgestimmt sein, welche in der exemplarischen Ausführungsform 48 MHz für ein 1,5T-MRI-System ist. Es dürfte erkennbar sein, dass die HF-Spule **104** auf jede gewünschte Frequenz abgestimmt werden kann und dass die in **Fig. 3** dargestellten Frequenzen lediglich exemplarisch sind.

[0027] Gemäß nochmaliger Bezugnahme auf **Fig. 2** ist bei **202** die SMPS **122** deaktiviert. Bei **204** wird ein Grundstörpegel bei deaktivierter SMPS ermittelt. In verschiedenen Ausführungsformen kann der Grundstörpegel beispielsweise unter Verwendung eines in **Fig. 1** dargestellten Störungsanalysemoduls **160** ermittelt werden. So wie hierin verwendet, kann der Begriff "Modul" oder "Computer" jedes prozessorbasierende oder mikroprozessorbasierende System einschließlich Systemen beinhalten, die Mikrocontroller, Computer mit reduziertem Instruktionssatz (RISC), Anwendungsspezifische Integrierte Schaltungen (ASICs), Logikschaltungen und jede beliebige andere Schaltung oder Prozessor verwenden, die in der Lage sind, die hierin beschriebenen Funktionen auszuführen. Die vorstehenden Beispiele sind lediglich exemplarisch und sollen somit in keiner Weise die Definition und/oder Bedeutung des Begriffes "Computer" einschränken.

[0028] Der Grundstörpegel wird ermittelt, um die Störung zu identifizieren, die die Bildqualität eines unter Verwendung des MRI-Systems **102** erzeugten Bildes bei deaktivierten SMPS **122** beeinflussen kann. Das Störungsanalysemodul **160** wird dann zum Identifizieren jeder Komponente genutzt, die Oberwellenfrequenzen erzeugt, die mit der Larmor-Frequenz der von dem MRI-System **102** zu detektierenden Kerne übereinstimmt, und welche dann zu einer ungewollten Störung in dem erzeugten Bild führen kann. Eine derartige ungewollte Störung kann beispielsweise durch eine Leckage innerhalb des Scanraums **112** oder durch verschiedene andere dem MRI-System **102** zugeordnete Komponenten erzeugt werden. Demzufolge beinhaltet die Ermittlung eines Grundstörpegels bei **202** die Identifizierung jeder Komponente oder jedes Gerätes, sei es innerhalb des Scanraums **112** oder nicht, die ein Signal mit einer Frequenz erzeugen, die im Wesentlichen mit der Larmor-Frequenz der von der HF-Spule **104** detektierten Ker-

ne zusammenfällt, während die SMPS **122** deaktiviert ist.

**[0029]** In verschiedenen Ausführungsformen kann der Grundstörpegel durch getrenntes Betreiben verschiedener Komponenten in der MR-Erfassungskette ermittelt werden. Insbesondere kann eine einzelne Komponente betrieben werden, während die HF-Spule **104** gleichzeitig die HF-Information **136** an die Arbeitsstation **108**, z.B. das Störungsanalysemodul **160**, liefert. Das Störungsanalysemodul **160** analysiert dann die HF-Information **136**, um zu ermitteln, ob irgendwelche von den Signalen in der HF-Information **136** Oberwellen erzeugen, die mit der Larmor-Frequenz der von der HF-Spule **104** detektierten Kerne übereinstimmen, während die SMPS **122** deaktiviert ist.

**[0030]** In verschiedenen Ausführungsformen kann das Störungsanalysemodul **160** einen Kohärenzstörungstest bezüglich der HF-Information **136** durchführen, um zu identifizieren, ob die momentan arbeitende Komponente ein Signal erzeugt, das Oberwellen hat, die synchron zu der Betriebsfrequenz des MRI-Systems **102** sind oder mit dieser übereinstimmen. Ein Kohärenzstörungstest, wie er hierin angewendet wird, ist ein bezüglich der HF-Information **136** durchgeführter Test, um potentielle Quellen von Überlagerungen zu identifizieren, wie z.B. von Signalen, die zu der MRI-Betriebsfrequenz kohärent sind, die das Signal verfälschen und das anschließend erzeugte Bild beeinträchtigen können. Es dürfte erkennbar sein, dass mehrere unterschiedliche diagnostische Tests durch das MRI-System **102** genutzt werden können, um eine kohärente Störung zu identifizieren, und dass der hierin beschriebene Kohärenzstörungstest eine Ausführungsform eines derartigen Tests ist. In verschiedenen Ausführungsformen können die Ergebnisse des Kohärenztests eine Liste von kohärenten und/oder synchronen Frequenzen sein, die über einem vorbestimmten Schwellenwert liegen und daher Artefakte in dem erzeugten Bild bewirken können. Die Liste kann einem Benutzer auf der Arbeitsstation **108** angezeigt werden, um dem Benutzer zu ermöglichen, die verschiedenen Komponenten zu aktivieren und/oder zu deaktivieren, um die Quelle der Frequenzen in der Liste zu bestätigen. Optional kann ein Benutzer ein Bild an der Arbeitsstation betrachten, um festzustellen, ob Artefakte durch Kohärenzstörungen verursacht werden.

**[0031]** Der Kohärenzstörungstest kann an dem MRI-System **102** und den verschiedenen Komponenten in einer iterativen Weise durchgeführt werden, während der Benutzer verschiedene Komponenten aktiviert und/oder deaktiviert, während er gleichzeitig die in der Liste dargestellten Frequenzen betrachtet. Obwohl die vorstehend beschriebene Ausführungsform manuell durch den Benutzer implementiert werden kann, dürfte erkennbar sein, dass der Kohä-

renzstörungstest in verschiedenen Ausführungsformen automatisch durch das MRI-Bildgebungssystem **102** durchgeführt werden kann. Nachdem alle möglichen Kohärenzstörungsquellen identifiziert und beseitigt wurden, geht das Verfahren zu dem Schritt **206** über.

**[0032]** Bei dem Schritt **206** wird die SMPS **122** aktiviert oder eingeschaltet. Bei **208** weist der Befehl **130** die SMPS **122** an, bei einer nominellen oder anfänglichen Betriebsfrequenz zu arbeiten. Insbesondere wird das NACS-Eingangssignal **132** an die Frequenzeinstell-Steuervorrichtung **120** übertragen, um das SMPS-Eingangssignal **132** zu erzeugen und die SMPS bei einer anfänglichen oder nominellen Betriebsfrequenz zu betreiben. Das SMPS-Eingangssignal **132** wird dann an die SMPS **122** übertragen, welche die Frequenz des Stromsignals **134** steuert, welches auf der Basis des vorstehend beschriebenen Befehls **130** in das MRI-System **102** eingegeben wird.

**[0033]** Bei **210** wird ein Störpegel der SMPS **122** ermittelt, während die SMPS **122** bei der nominellen Frequenz arbeitet. Wie vorstehend beschrieben, kann der Störpegel der SMPS **122** beispielsweise unter Verwendung des in [Fig. 1](#) dargestellten Störungsanalysemoduls **160** ermittelt werden. Der Störpegel der SMPS **122** wird ermittelt, um die Störung, die die Bildqualität eines erzeugten Bildes beeinflussen kann, zu identifizieren, die durch die SMPS **122** verursacht wird. Um den Störpegel der SMPS **122** zu bestimmen, analysiert das Störungsanalysemodul **160** die erfasste HF-Information **136**, während die SMPS **122** aktiviert ist, um zu ermitteln, ob irgendeines von den Signalen in der HF-Information **136**, die von der HF-Spule **104** empfangen werden, Oberwellen erzeugt, die mit der Larmor-Frequenz der von der HF-Spule **104** detektierten Kerne übereinstimmen, während die SMPS **122** aktiviert ist.

**[0034]** Wie vorstehend beschrieben, kann das Störungsanalysemodul **160** einen Kohärenzstörungstest bezüglich der HF-Information **136** durchführen, um zu erkennen, ob die SMPS **122** ein Signal erzeugt, das Oberwellen hat, die zu der Betriebsfrequenz des MRI-Systems **102** synchron sind oder mit dieser übereinstimmen. Es sollte jedoch wieder erkennbar sein, dass mehrere unterschiedliche Diagnosetests von dem MRI-System **102** genutzt werden können, um Kohärenzstörungen zu identifizieren, und dass der hierin beschriebene Kohärenzstörungstest eine Ausführungsform eines derartigen Tests ist. In verschiedenen Ausführungsformen können die Ergebnisse des durchgeführten Kohärenzstörungstests an der SMPS **122** eine Liste von kohärenten und/oder synchronen Frequenzen sein, die über einem vorbestimmten Schwellenwert liegen und daher Artefakte in dem erzeugten Bild bewirken können. In weiteren Ausführungsformen kann ein Benutzer Kohärenzstörung erkennen, indem er erkennt, ob überhaupt ir-

gendwelche Artefakte in dem erzeugten Bild vorhanden sind.

**[0035]** In einer Ausführungsform weist, wenn die Ergebnisse des Kohärenzstörungstests negativ sind, z.B. der Kohärenzstörungstest zeigt, dass die SMPS **122** keine Kohärenzstörung erzeugt, dann bei **212** der Befehl **130** die SMPS **122** an, bei der anfänglichen oder nominellen Frequenz zu arbeiten, die vor dem bei **210** durchgeführten Kohärenzstörungstest eingestellt wurde. Optional wird, wenn die Ergebnisse des Kohärenzstörungstests positiv sind, z.B. der Kohärenzstörungstest zeigt, dass die SMPS **122** eine Kohärenzstörung bei der gewünschten Betriebsfrequenz erzeugt, bei **214** der Befehl zum Einstellen der Betriebsfrequenz der SMPS **122** genutzt.

**[0036]** In der exemplarischen Ausführungsform wird, um die Schaltfrequenz der SMPS **122** zu modifizieren, der Spannungspegel des Befehls **130** modifiziert. Der Spannungspegel des Befehls **130** kann höher oder niedriger eingestellt werden, um die Schaltfrequenz der SMPS **122** zu erhöhen oder zu erniedrigen, bis die Bildartefakte wesentlich reduziert und/oder eliminiert sind. Beispielweise ist wie vorstehend beschrieben, die SMPS **122** zu Beginn auf die nominale Betriebsfrequenz eingestellt, welche in dieser Ausführungsform zu einer Kohärenzstörung führt.

**[0037]** Demzufolge kann, um die durch die SMPS **122** bewirkte Kohärenzstörung zu reduzieren und/oder zu eliminieren, das Störungsanalysemodul **160** dafür eingerichtet sein, bei **214** iterativ Kohärenzstörungstests an der HF-Information **136** durchzuführen, um Signale der SMPS **122** zu identifizieren, die Oberwellen haben, die synchron zu der Betriebsfrequenz des MRI-Systems **102** sind oder mit dieser übereinstimmen. In verschiedenen Ausführungsformen wird bei **214** die Betriebsfrequenz der SMPS **122** durch Einstellen des Spannungspegels des Befehls **130** eingestellt. Insbesondere kann der Befehl **130** inkrementiert oder dekrementiert werden, um die Betriebsfrequenz der SMPS **122** zu inkrementieren oder zu dekrementieren, während im Wesentlichen gleichzeitig identifiziert wird, ob sich Artefakte vergrößert, verringert haben und/oder beseitigt sind.

**[0038]** Beispielweise werde angenommen, dass die gewünschte Betriebsfrequenz des MRI-Systems **102** gleich 48 MHz ist, z.B. die Larmor-Frequenz der Wasserstoffkerne. Ferner werde angenommen, dass die SMPS **122** bei einer nominellen Schaltfrequenz von 1,6 MHz arbeitet. Es dürfte dann erkennbar sein, dass jede von der SMPS **122** erzeugte 30ste Oberwelle mit der Larmor-Frequenz der Wasserstoffkerne, z.B. 48 MHz gemäß Darstellung in [Fig. 3](#), übereinstimmt. Somit wird in der exemplarischen Ausführungsform die Schaltfrequenz der SMPS **122** unter Verwendung des Befehls **130** dergestalt inkrementiert oder dekrementiert, dass die Schaltfrequenz

nicht 1,6 MHz ist. In verschiedenen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz der SMPS **122** in vorbestimmten Schritten eingestellt werden. Beispielsweise kann die Schaltfrequenz der SMPS **122** von 1,6 MHz bis 1,7 MHz in Schritten von 0,1 MHz inkrementiert werden. Es dürfte erkennbar sein, dass inkrementelle Schritte von 0,1 MHz lediglich exemplarisch sind, und dass die Schaltfrequenz der SMPS in beliebigen Frequenzschritten inkrementiert oder dekrementiert werden kann.

**[0039]** Bei **216** ist, nachdem die Schaltfrequenz der SMPS **122** eingestellt worden ist, das Störungsanalysemodul **160** wiederum so eingerichtet, dass es automatisch einen Kohärenzstörungstest an der HF-Information **136** bei dem eingestellten Wert von 1,7 MHz durchführt, um beispielsweise zu erkennen, ob die SMPS **122** ein Signal erzeugt, das Oberwellen hat, die zu der Betriebsfrequenz des MRI-Systems synchron sind oder mit dieser übereinstimmen. In einer Ausführungsform behält, wenn die Ergebnisse des Kohärenzstörungstests negativ sind, z.B. der Kohärenzstörungstest zeigt, dass die SMPS **122** keine Kohärenzstörung bei der eingestellten Frequenz erzeugt, dann bei **218** der Befehl **130** die bei **214** eingestellte Frequenz bei. Wenn die Ergebnisse des Kohärenzstörungstests positiv sind, z.B. der Kohärenzstörungstest zeigt, dass die SMPS **122** kohärente Störungen bei der eingestellten Betriebsfrequenz erzeugt, kehrt das Verfahren zum Schritt **214** zurück und die Betriebsfrequenz der SMPS **122** wird eingestellt und bei **216** getestet. In verschiedenen weiteren Ausführungsformen kann das Störungsanalysemodul **160** dafür eingerichtet sein, die Schaltfrequenz der SMPS **122** zu erhöhen, bis kohärente Störungen erzeugt werden. Das Störungsanalysemodul **160** kann dann die Schaltfrequenz der SMPS **122** reduzieren, bis die Kohärenzstörung im Wesentlichen unter einen vorbestimmten Schwellenwert reduziert und/oder eliminiert ist. Das Störungsanalysemodul **160** kann ferner dafür eingerichtet sein, die Reduzierung der Schaltfrequenz der SMPS **122** fortzusetzen, bis die Kohärenzstörung wieder auftritt. In dieser Ausführungsform erkennt das Störungsanalysemodul **160** automatisch einen ersten Schwellenwert, bei dem eine Kohärenzstörung erzeugt wird, einen Zwischenschwellenwert, bei dem eine Kohärenzstörung reduziert ist, und einen dritten Schwellenwert, bei dem die Kohärenzstörung wieder erhöht ist. Das Störungsanalysemodul **160** kann dann einen Mitten- oder Nullpunkt zwischen dem ersten und dritten Schwellenwert identifizieren und die Schaltfrequenz der SMPS auf den identifizierten Nullpunkt einstellen.

**[0040]** Eine technische Auswirkung wenigstens einer hierin beschriebenen Ausführungsform ist ein System, das automatisch oder manuell ungewollte Störungen in einem Bildgebungssystem erkennt, die durch eine SMPS verursacht werden können. Das

System erzeugt automatisch ein Signal auf der Basis der Störung und überträgt das Signal an die SMPS, um die Schaltfrequenz der SMPS zu modifizieren, bis die ungewünschte Störung reduziert und/oder eliminiert ist. Die Verwendung der einstellbaren SMPS ermöglicht die Verwendung häufiger Stromverteilungsvorrichtungen und Architekturen, die eine Verteilungsverkabelung bei höherer Spannung und lokale Schaltwandler zur Verwendung durch das MRI-System implementieren. Die einstellbare SMPS kann auch Stromverluste in Verbindung mit der Verteilung niedriger Spannung bei hohem Strom über eine widerstandsbehaftete Verkabelung reduzieren und kann mit mehr als 90 Prozent Wirkungsgrad arbeiten, um den Stromverbrauch zu reduzieren und Wärmeverluste zu minimieren.

**[0041]** Verschiedene Ausführungsformen des NACS **100** und hierin beschriebener Verfahren können als Teil von oder zusammen mit einem medizinischen Bildgebungssystem, wie z.B. dem in **Fig. 4** dargestellten Bildgebungssystem **300** vorgesehen sein. Es dürfte erkennbar sein, dass, obwohl das Bildgebungssystem **300** als ein Einzel-Modalitäts-Bildgebungssystem veranschaulicht ist, die verschiedenen Ausführungsformen in oder mit Multi-Modalitäts-Bildgebungssystemen implementiert sein können. Beispielsweise ist das Bildgebungssystem **300** als ein MRI-System veranschaulicht, welches als das in **Fig. 4** dargestellte MRI-Bildgebungssystem **102** verkörpert sein kann und mit unterschiedlichen Arten von medizinischen Bildgebungssystemen, wie z.B. einem Computertomographie-(CT)-, Positronen-Emissions-Tomographie-(PET)-, einem Einzelphotonen-Emissions-Computertomographie-(SPECT)- sowie einem Ultraschall-Bildgebungssystem oder irgendeinem anderen System kombiniert sein kann, das Bilder insbesondere eines Menschen erzeugen kann. Ferner sind die verschiedenen Ausführungsformen nicht auf medizinische Bildgebungssysteme zur Bildgebung von menschlichen Patienten beschränkt, sondern können veterinär- oder nicht-medizinische Systeme zur Bildgebung von nicht-menschlichen Objekten, Gepäck usw. beinhalten.

**[0042]** In der exemplarischen Ausführungsform enthält das Bildgebungssystem **300** eine supraleitende Magnetanordnung **312**, die einen supraleitenden Magneten **314** enthält. Der supraleitende Magnet **314** ist aus mehreren Magnetspulen ausgebildet, die von einem Magnetspulenhalter oder Spulenträger gehalten werden. In einer Ausführungsform kann die supraleitende Magnetanordnung **312** auch einen Wärmeschirm **316** enthalten. Ein (auch als Kryostat bezeichneter) Behälter **318** umgibt den supraleitenden Magneten **314** und der Wärmeschirm **316** umgibt den Behälter **318**. Der Behälter **318** ist typischerweise mit flüssigem Helium gefüllt, um die Spulen des supraleitenden Magneten **314** zu kühlen. Eine (nicht dargestellte) Wärmeisolation kann vorgesehen sein, die

die Außenoberfläche des Behälters **318** umgibt. Das Bildgebungssystem **300** enthält auch eine Hauptgradientenspule **320**, eine Abschirmungsgradientenspule **322** und eine HF-Sendespule **324**. Die HF-Sendespule **324** kann beispielsweise die vorstehende beschriebene HF-Spule **104** sein. Das Bildgebungssystem **300** enthält im Wesentlichen auch eine Steuerung **330**, eine Hauptmagnetfeldsteuerung **332**, eine Gradientenfeldsteuerung, einen Speicher **336**, eine Anzeigevorrichtung **338**, eine Sende-Empfangs-(T-R)-Schalter **340**, einen HF-Sender **342** und einen HF-Empfänger **344**.

**[0043]** Im Betrieb wird ein Körper eines Objektes, wie z.B. ein (nicht dargestellter) abzubildender Patient oder ein Phantom, in der Bohrung **346** auf einer geeigneten Unterlage, wie z.B. einem (nicht dargestellten) motorisierten Tisch oder dem vorstehend beschriebenen Schlitten, platziert. Der supraleitende Magnet **314** erzeugt ein gleichmäßiges und statisches Hauptmagnetfeld  $B_0$  über der Bohrung **346**. Die Stärke des elektromagnetischen Feldes in der Bohrung **346** und dementsprechend in dem Patienten wird durch die Steuerung **330** über die Hauptmagnetfeldsteuerung **332** gesteuert, welche auch die Zufuhr des Erregungsstroms zu dem supraleitenden Magneten **314** steuert.

**[0044]** Die Hauptgradientenspule **320**, welche eine oder mehrere Gradientenspulenelemente enthalten kann, ist so vorgesehen, dass ein magnetischer Gradient auf dem Hauptmagnetfeld  $B_0$  in der Bohrung **346** in einer oder mehreren von drei orthogonalen Richtungen x, y und z eingepreßt werden kann. Die Hauptgradientenspule **320** wird durch die Gradientenfeldsteuerung **334** erregt und auch durch die Steuerung **330** gesteuert.

**[0045]** Die HF-Sendespule **324** ist dafür eingerichtet, magnetische Impulse zu senden und/oder optional gleichzeitig MR-Signale von dem Patienten zu empfangen, wenn keine Empfangsspulenelemente vorgesehen sind. Die HF-Sendespule **324** und eine Empfangsoberflächenspule oder ein Empfangsspulen-Array können wählbar mit einem von dem HF-Sender **342** oder dem Empfänger **344** durch den T-R-Schalter **340** verbunden werden. Der HF-Sender **342** und der T-R-Schalter **340** werden durch die Steuerung **330** dergestalt gesteuert, dass HF-Feldimpulse oder Signale durch den HF-Sender **342** erzeugt und selektiv an den Patienten zur Anregung einer Magnetresonanz in dem Patienten angelegt werden.

**[0046]** Im Anschluss an das Anlegen der HF-Impulse wird der T-R-Schalter **340** wieder betätigt, um die HF-Sendespule **324** von dem HF-Sender **342** zu trennen. Die detektierten MR-Signale werden wiederum an die Steuerung **330** und die Arbeitsstation **108** übertragen. Die das Störungsanalysemodul enthaltende Arbeitsstation **108** kann zum Implementieren der hierin

beschriebenen Verfahren verwendet werden. Insbesondere kann die Arbeitsstation **108** dafür ausgelegt sein, den Betrieb des NACS **100** zum Verändern der Schaltfrequenz der SMPS **122** zu steuern. Die Steuerung **330** enthält einen Prozessor **334**, der die Verarbeitung der MR-Signale steuert, um für ein Bild des Patienten repräsentative Signale zu erzeugen. Die für das Bild repräsentativen verarbeiteten Signale werden auch an die Anzeigevorrichtung **338** übertragen, um eine visuelle Darstellung des Bildes bereitzustellen. Insbesondere füllen oder formen die MR-Signale einen k-Raum, der Fourier-transformiert wird, um ein sichtbares Bild zu erhalten, welches auf der Anzeigevorrichtung **338** betrachtet werden kann.

**[0047]** In verschiedenen Ausführungsformen ist die HF-Spule **324** dafür eingerichtet, Signale bei einer oder mehreren Resonanzfrequenzen, beispielsweise um die Larmor-Frequenzen von Protonen (Wasserstoffkerne und/oder Kohlenstoff (z.B.  $^{13}\text{C}$  Kerne)) herum zu erzeugen. Es sei jedoch angemerkt, dass der HF-Sender **342** dafür eingerichtet sein kann, andere Frequenzen zu erzeugen, die eine Resonanz anderer Kerne bei ihren Larmor-Frequenzen bewirken. Ferner können die erzeugten MR-Signale und das/ die Bild(er) unter Verwendung irgendeiner im Fachgebiet bekannten Technik codiert werden.

**[0048]** Die verschiedenen Ausführungsformen und/ oder Komponenten, beispielsweise die Module oder Komponenten und Steuerungen darin, wie z.B. das Bildgebungssystem **300**, können als Teil von einem oder mehreren Computern oder Prozessoren implementiert sein. Der Computer oder Prozessor kann eine Berechnungsvorrichtung, eine Eingabevorrichtung, eine Anzeigeeinheit und eine Schnittstelle, wie z.B. für einen Zugang zu dem Internet, enthalten. Der Computer oder Prozessor kann einen Mikroprozessor enthalten. Der Mikroprozessor kann mit einem Kommunikationsbus verbunden sein. Der Computer oder Prozessor kann auch einen Speicher enthalten. Der Speicher kann ein Schreib-Lese-Speicher (RAM) und ein Nur-Lese-Speicher (ROM) sein. Der Computer oder Prozessor kann ferner eine Speichervorrichtung enthalten, welche ein Festplattenlaufwerk oder ein lösbares Speicherlaufwerk, wie z.B. ein optisches Plattenlaufwerk, ein Festkörperplattenlaufwerk (z.B. Flash-RAM) und dergleichen ist. Die Speichervorrichtung kann auch jede andere geeignete Einrichtung zum Laden von Computerprogrammen oder anderen Instruktionen in den Computer oder den Prozessor sein.

**[0049]** So wie hierin beschrieben, können der Begriff "Computer" oder "Modul" jedes beliebige prozessorbasierende oder mikroprozessorbasierende System einschließlich Systemen beinhalten, die Mikrocontroller, Computer mit reduziertem Instruktionssatz (RISC), Anwendungsspezifische Integrierte Schaltungen (ASICs), Logikschaltungen und jeden beliebigen

anderen Schaltkreis oder Prozessor beinhalten, die in der Lage sind, die hierin beschriebenen Funktionen auszuführen. Die vorstehenden Beispiele sind lediglich exemplarisch und sollen somit in keiner Weise die Definition und/oder Bedeutung des Begriffes "Computer" einschränken.

**[0050]** Der Computer oder Prozessor führt einen Satz von Instruktionen aus, die in einem oder mehreren Speicherelementen gespeichert sind, um die Eingangsdaten zu verarbeiten. Die Speicherelemente können auch Daten oder andere Information nach Wunsch oder Bedarf speichern. Das Speicherelement kann in der Form einer Informationsquelle oder eines physischen Speicherelementes in einer Verarbeitungsmaschine vorliegen.

**[0051]** Der Satz von Instruktionen kann verschiedene Befehle beinhalten, die den Computer oder Prozessor als eine Verarbeitungsmaschine anweisen, spezifische Operationen, wie z.B. die Verfahren und Prozesse der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, auszuführen. Der Satz von Instruktionen kann in der Form eines Softwareprogramms vorliegen, welches Teil eines berührbaren nicht-vergänglichen computerlesbaren Mediums oder solcher Medien bildet. Die Software kann in verschiedenen Formen, wie z.B. als Systemsoftware oder Anwendungssoftware, vorliegen. Ferner kann die Software in der Form einer Sammlung von separaten Programmen oder Modulen, eines Programmmoduls in einem größeren Programm oder als ein Teil eines Programmmoduls vorliegen. Die Software kann auch eine modulare Programmierung in der Form von objektorientierter Programmierung enthalten. Die Verarbeitung von Eingangsdaten durch die Verarbeitungsmaschine kann in Reaktion auf Bedienerbefehle oder in Reaktion auf Ergebnisse einer vorherigen Verarbeitung oder in Reaktion auf eine von einer anderen Verarbeitungsmaschine getätigten Anforderung erfolgen.

**[0052]** So wie hierin verwendet, können die Begriffe "Software" und "Firmware" jedes beliebige im Speicher, wie z.B. im RAM-Speicher, ROM-Speicher, EPROM-Speicher, EEPROM-Speicher und nicht-flüchtigen RAM-(NVRAM)-Speicher zur Ausführung durch einen Prozessor gespeicherte Programm beinhalten. Die vorstehenden Speichertypen sind nur exemplarisch und somit nicht für die Art der für die Speicherung eines Computerprogramms nutzbaren Speichers einschränkend.

**[0053]** Es dürfte sich verstehen, dass die Beschreibung nur als veranschaulichend und nicht einschränkend gedacht ist. Beispielsweise können die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen (und/oder Aspekte davon) in Kombination miteinander verwendet werden. Zusätzlich können viele Modifikationen ausgeführt werden, um eine spezielle Situation oder ein Material an die Lehren der Erfindung ohne Ab-

weichung von deren Schutzzumfang anzupassen. Obwohl die hierin beschriebenen Abmessungen und Materialarten dafür gedacht sind, die Parameter der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung zu definieren, sind sie keineswegs einschränkend und nur exemplarisch. Viele weitere Ausführungsformen werden für den Fachmann nach Durchsicht und Verstehen der vorstehenden Beschreibung ersichtlich sein. Der Schutzzumfang der Erfindung sollte daher unter Bezugnahme auf die beigefügten Ansprüche zusammen mit dem vollständigen Umfang von Äquivalenten, zu welchem derartige Ansprüche berechtigen, bestimmt sein. In den beigefügten Ansprüchen werden die Begriffe "enthaltend" und "in welchen" als die Äquivalente in einfachen Englisch für die entsprechenden Begriffe "aufweisend" und "wobei" verwendet. Ferner werden in den nachstehenden Ansprüchen die Begriffe "erster", "zweiter" und "dritter" usw. lediglich als Bezeichnungen verwendet und sollen keine numerischen Anforderungen bezüglich ihrer Objekte vorgeben. Ferner sind die Einschränkungen der nachstehenden Ansprüche nicht im Format Mittel-plus-Funktion geschrieben und sollen nicht auf der Basis von 35 U.S.C. § 112, 6. Absatz interpretiert werden, sofern und soweit derartige Anspruchseinschränkungen ausdrücklich den Ausdruck "Mittel für" gefolgt von einer Feststellung einer Funktion ohne weitere Struktur verwenden.

**[0054]** Diese Beschreibung nutzt Beispiele, um die Erfindung einschließlich ihrer besten Ausführungsart offenzulegen, und um auch jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung einschließlich der Herstellung und Nutzung aller Elemente und Systeme und der Durchführung aller einbezogenen Verfahren in die Praxis umzusetzen. Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die für den Fachmann ersichtlich sind. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Schutzzumfang der Erfindung enthalten sein, sofern sie strukturelle Elemente besitzen, die sich nicht von dem Wortlaut der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Änderungen gegenüber dem Wortlaut der Ansprüche enthalten.

**[0055]** Es wird Störungsverhinderungssystem **100** bereitgestellt, das einen Prozessor **108**, der dafür eingerichtet ist, eine Störung in einem Bildgebungssystem **102** zu messen und ein Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtungs-(SMPS)-Eingangssignal auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen, und eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung **122** aufweist, die dafür eingerichtet ist, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen und eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals einzustellen, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des Bildgebungssystems befinden.

## Bezugszeichenliste

<b>100</b>	NACS
<b>102</b>	MRI-System
<b>104</b>	HF-Spule
<b>106</b>	HF-Empfänger
<b>108</b>	Prozessor
<b>110</b>	Steuerung/Geräte-Raum
<b>112</b>	Scanraum
<b>114</b>	Netzstromversorgungseinrichtung
<b>116</b>	Scanraumelektronik
<b>120</b>	Frequenzeinstell-Steuervorrichtung
<b>122</b>	SMPS
<b>130</b>	NACS-Eingangssignal
<b>132</b>	SMPS-Eingangssignal
<b>134</b>	Stromsignal
<b>136</b>	HF-Information
<b>149</b>	Kommunikationsnetzwerk
<b>150</b>	Prozessor
<b>152</b>	A/D-Wandler
<b>154</b>	einstellbarer Frequenzgenerator
<b>156</b>	spannungsgesteuerter Oszillator
<b>160</b>	Störungsanalysemodul
<b>200</b>	Verfahren
<b>202</b>	Deaktivieren der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung
<b>204</b>	Grundstörpegel
<b>206</b>	Aktivieren der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung
<b>208</b>	Betreiben der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung
<b>210</b>	Ermitteln des Störpegels mit der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung
<b>218</b>	Beibehalten der SMPS-Frequenz
<b>214</b>	Einstellen der Betriebsfrequenz der SMPS
<b>216</b>	Ermitteln des Störpegels mit der SMPS
<b>212</b>	Beibehalten der SMPS-Frequenz
<b>300</b>	Bildgebungssystem
<b>312</b>	supraleitende Magnetbaugruppe
<b>314</b>	supraleitender Magnet
<b>316</b>	Wärmeschild
<b>318</b>	Behälter
<b>320</b>	Hauptgradientenspule
<b>322</b>	Abschirmungsgradientenspule
<b>324</b>	HF-Sendespule
<b>330</b>	Steuerung
<b>332</b>	Hauptmagnetfeldsteuerung
<b>334</b>	Gradientenfeldsteuerung
<b>336</b>	Speicher
<b>338</b>	Anzeigevorrichtung
<b>340</b>	T-R-Schalter
<b>342</b>	HF-Sender
<b>344</b>	HF-Empfänger
<b>346</b>	Bohrung
<b>348</b>	Prozessor
<b>802</b>	IEEE

**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**

- IEEE 802.11 [\[0019\]](#)
- IEEE 802.3 [\[0020\]](#)

**Patentansprüche**

1. Störungsverhinderungssystem (100), aufweisend:

einen Prozessor (108), der dafür eingerichtet ist, eine Störung in einem Bildgebungssystem (102) zu messen und auf der Basis der gemessenen Störung ein Eingangssignal für eine Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (SMPS) zu erzeugen; und eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (122), die dafür eingerichtet ist, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen und eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals einzustellen, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des Bildgebungssystems befinden.

2. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, wobei das Bildgebungssystem (102) ein Magnetresonanz-Bildgebungssystem (300) ist, und der Prozessor (108) ferner dafür eingerichtet ist: Hochfrequenzinformation (HF-Information) (136) aus einer HF-Spule (104) zu empfangen; die Störung in der HF-Information zu messen; und das SMPS-Eingangssignal (132) auf der Basis der in der HF-Information gemessenen Störung zu erzeugen.

3. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, das ferner eine Frequenzeinstell-Steuvorrichtung (120) aufweist, die dafür eingerichtet ist, ein Eingangssignal (130) von dem Prozessor (108) zu empfangen und das Eingangssignal zum Erzeugen des SMPS-Eingangssignals (132) zu modifizieren.

4. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, wobei die SMPS (122) einen spannungsgesteuerten Oszillator (154) aufweist.

5. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, wobei der Prozessor (108) ferner dafür eingerichtet ist, Störungen in einem Magnetresonanz-Bildgebungssystem (300) zu messen und ein SMPS-Eingangssignal (132) auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen.

6. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, das ferner ein Störungsanalysemodul (160) aufweist, das dafür eingerichtet ist, Kohärenzstörung in einem Magnetresonanz-Bildgebungs-System (300) zu messen und das SMPS-Eingangssignal (132) auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen.

7. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, wobei das Bildgebungssystem (102) ein Magnetresonanz-Bildgebungs-System (300) ist, und das Störungsverhinderungssystem (100) ferner ein

Störungsanalysemodul (160) aufweist, das dafür eingerichtet ist:

ein HF-Signal (136) von einer HF-Spule (104) zu empfangen, wobei die HF-Spule (104) Störungen misst, während die SMPS (122) aktiviert ist; Kohärenzstörung in dem empfangenen HF-Signal unter Anwendung eines Kohärenzstörungstests zu messen; und eine Schaltfrequenz der SMPS auf der Basis der gemessenen Kohärenzstörung zu verändern.

8. Störungsverhinderungssystem (100) nach Anspruch 1, welche ferner eine Ethernet-Verbindung (140) zwischen dem Prozessor (108) und der SMPS (122) aufweist.

9. Magnetresonanz-Bildgebungs-System (300), aufweisend:

eine HF-Spule (324); und ein mit der HF-Spule gekoppeltes Störungsverhinderungssystem (100), wobei das Störungsverhinderungssystem aufweist:

einen Prozessor (108), der dafür eingerichtet ist, HF-Information (136) von HF-Spule zu empfangen, eine Störung in dem MRI-System unter Verwendung der HF-Information zu messen und ein Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung-Eingangssignal (132) auf der Basis der gemessenen Störung zu erzeugen; und

eine einstellbare Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung (122), die dafür eingerichtet ist, das SMPS-Eingangssignal zu empfangen und eine Schaltfrequenz der Schaltmodus-Stromversorgungseinrichtung auf der Basis des SMPS-Signals einzustellen, um bei einer Frequenz zu arbeiten, die Oberwellen erzeugt, die sich außerhalb einer Bildgebungsbandbreite des Bildgebungssystems befinden.

10. MRI-System (300) nach Anspruch 9, das ferner eine Frequenzeinstell-Steuvorrichtung (120) aufweist, die dafür eingerichtet ist, ein Eingangssignal (130) von dem Prozessor zu empfangen und das empfangene Eingangssignal zu modifizieren, um das SMPS-Eingangssignal (132) zu erzeugen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

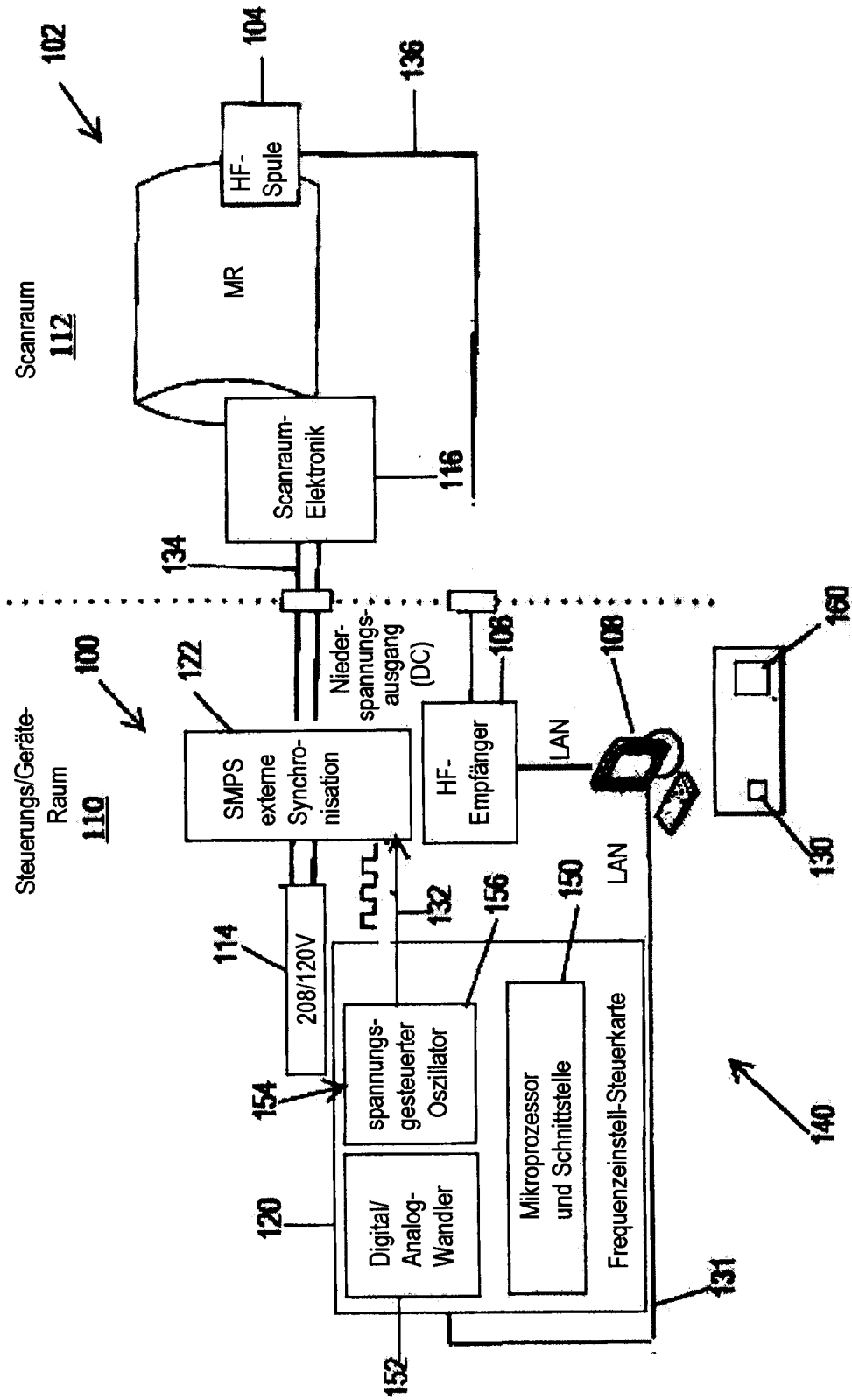


FIG. 1

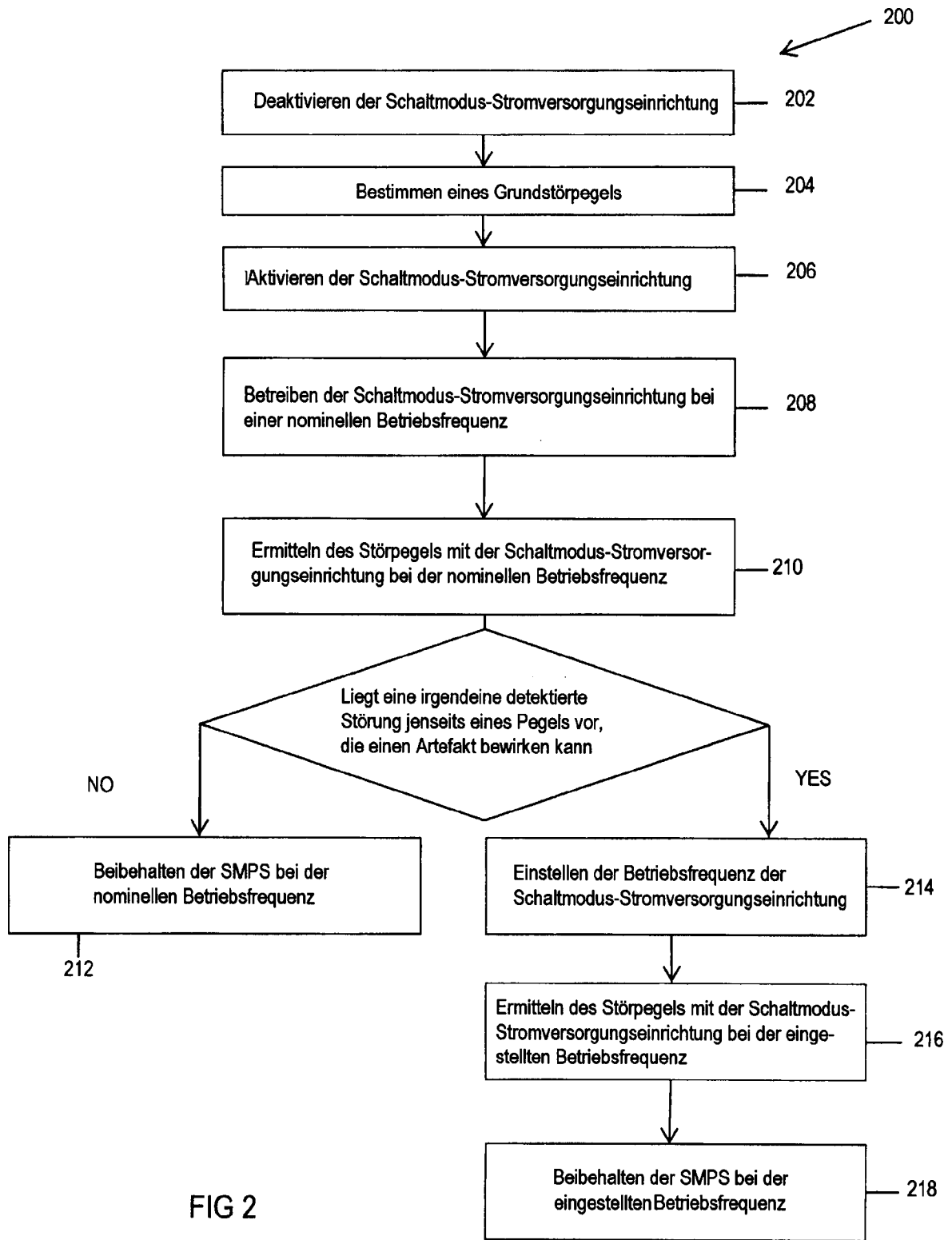


FIG 2

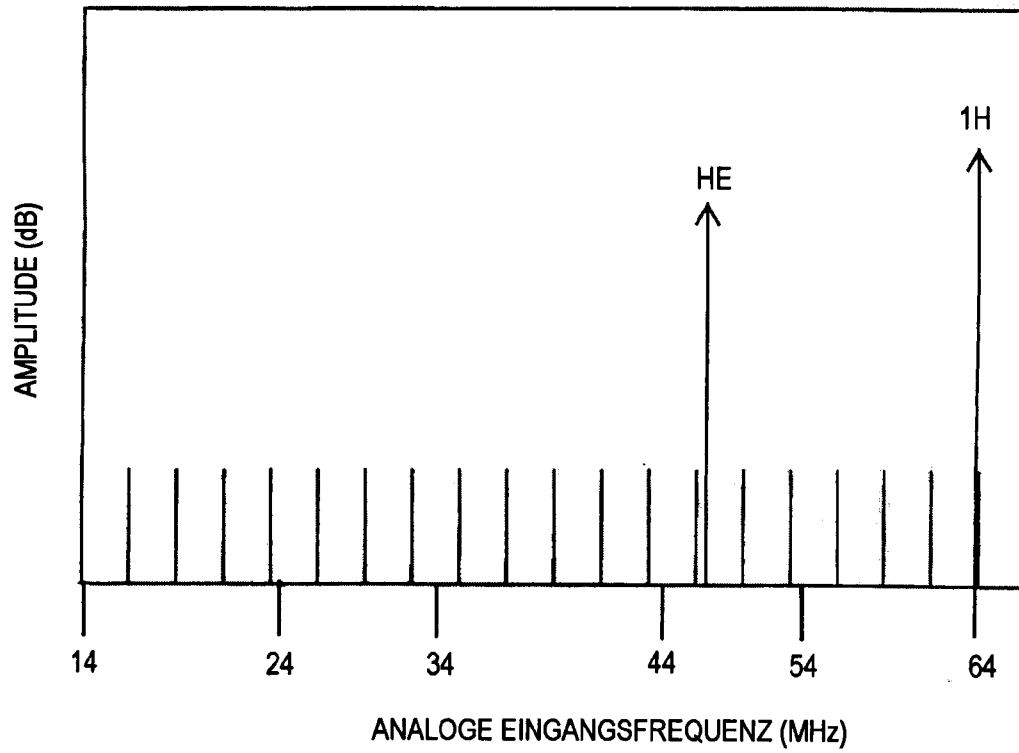


FIG. 3

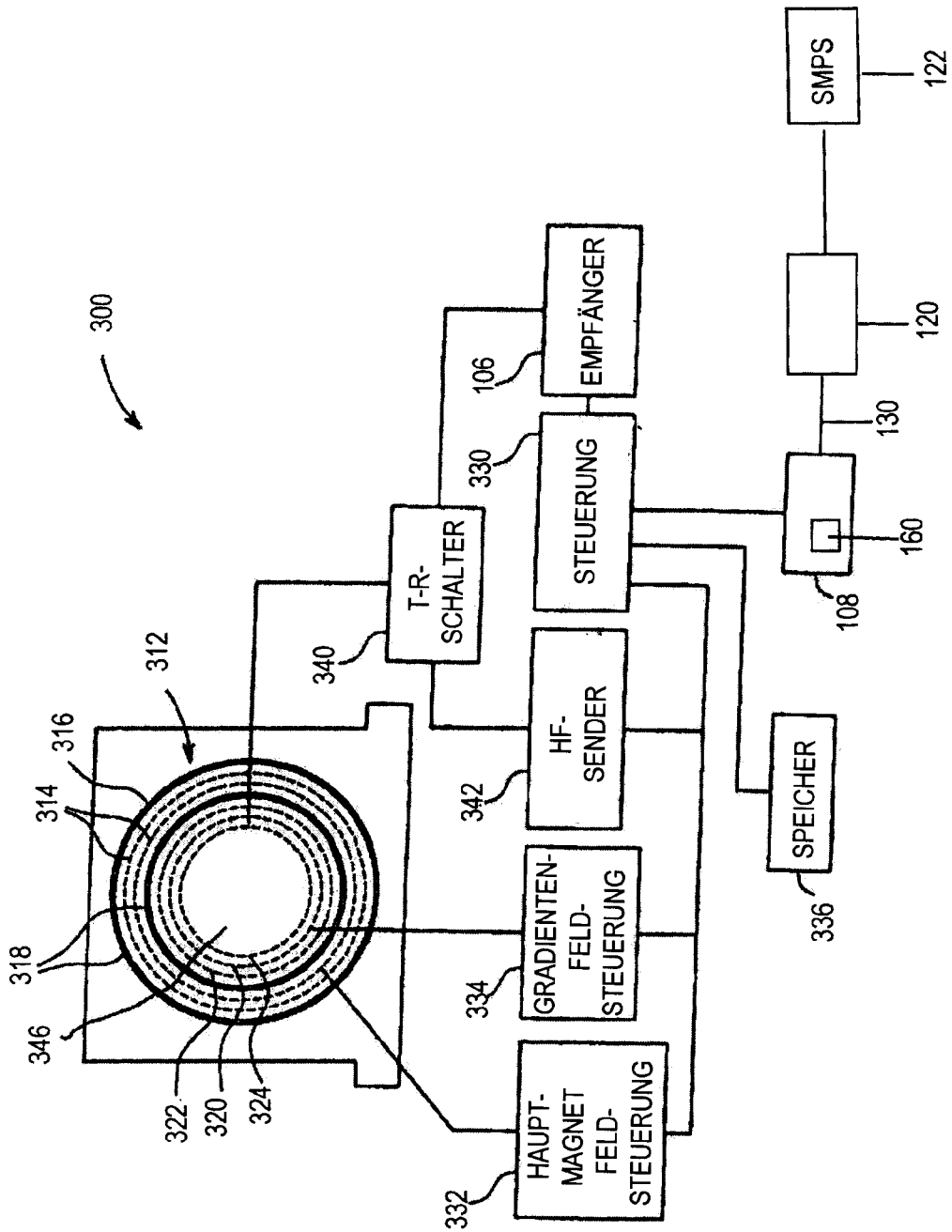


FIG. 4