



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 044 145 A1 2007.03.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 044 145.1

(22) Anmeldetag: 15.09.2006

(43) Offenlegungstag: 29.03.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: G01R 33/567 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2005-267763 15.09.2005 JP

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(71) Anmelder:

GE Medical Systems Global Technology  
Company, LLC, Waukesha, Wis., US

(72) Erfinder:

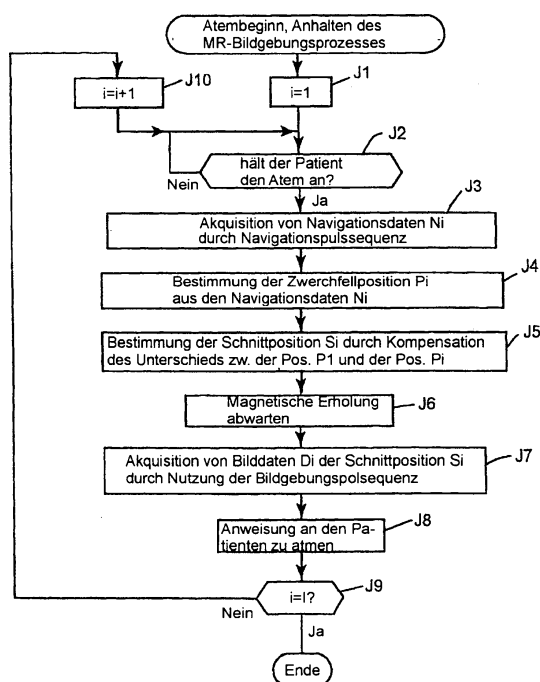
Iwadate, Yuji, Tokyo, JP; Nozaki, Atsushi, Tokyo,  
JP; Tetsuji, Tsukamoto, Tokyo, JP; Kabasawa,  
Hiroyuki, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, Magnetoresonanzapparatur, tomographisches Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem und tomographische Bildgebungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Wenn zwei oder mehrere Durchläufe einer Bildgebung mit angehaltenem Atem und dazwischen liegendem Atemintervall durchgeführt werden, gestattet die vorliegende Erfindung, der Schnittpositionierung der Positionsverlagerung des Organs in jedem Durchlauf zu folgen. Die vorliegende Erfindung umfasst einen Navigationsbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Bilds, das in dem Bildgebungsbereich das Zwerchfell bei angehaltenem Atem enthält, einen Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds, einen Bildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Bilds eines gewünschten Schnitts bei angehaltenem Atem als Nutzbild und einen Atemintervallschritt zur Freigabe der Atmung auf, wobei diese Schritte iterativ zwei oder mehrmals ausgeführt werden. Die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung wird auf eine Position gebracht, die so festgelegt ist, dass die Schnittposition des ersten Durchlaufs hinsichtlich der Abweichung zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs kompensiert ist.



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

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist ein MR-Bildgebungsverfahren (Magnetoresonanzverfahren) mit angehaltenem Atem, eine MR-Apparatur (Magnetoresonanzbildgebungseinrichtung), ein Verfahren zur tomographischen Bildgebung mit angehaltenem Atem und eine tomographische Bildgebungsapparatur und spezieller ein MR-Bildgebungsverfahren (Magnetoresonanzbildgebungsverfahren) mit angehaltenem Atem, eine MRI-Apparatur (Magnetoresonanzbildgebungseinrichtung) und ein tomographischen Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem sowie eine tomographische bildgebende Apparatur, die es der Schnittposition gestatten, der Verlagerung eines Organs zwischen zwei oder mehreren aufeinander folgenden Bildaufnahmen bei Bildgebung mit angehaltenem Atem und mit dazwischen liegenden Atemsequenzen zu ermöglichen.

**Stand der Technik**

**[0002]** Für zwei oder mehrere Bildgebungssitzungen mit angehaltenem Atem und dazwischen liegendem Intervall mit Atemfreigabe ist ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem die Position des Zwerchfells für die Anweisung des Anhaltens des Atems in dem Moment gegeben wird, wo das Zwerchfell an derselben Position steht (siehe dazu beispielsweise JP-A-2004-508859 (Anspruch 8 [0008])).

**[0003]** Andererseits ist zur Bildgebung ohne angehaltenem Atem (eine Bildgebungssitzung, bei der der Atem nicht angehalten wird) ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem durch Erfassung der von dem Atem verursachten Verlagerung eines Objekts die Schnittposition so bewegt wird, dass sie der Verlagerung folgt (siehe beispielsweise JP-A-2004-305454 (Anspruch 6 [0048] bis [0050])).

**[0004]** Bei dem oben zuerst zitierten Stand der Technik ist keine spezielle Technik zur Anweisung des Atemanhaltens in dem Moment geoffenbart, wenn das Zwerchfell an dergleichen Stelle ist. Wenn dem Patienten das Anhalten des Atems, in dem Moment signalisiert wird, wenn das Zwerchfell an dergleichen Position steht, bleiben Fluktuationen der Reaktionszeit beim Atemanhalten so lange bestehen, wie der Atem von dem Patienten freiwillig angehalten wird, so dass die Position des Zwerchfells durch das tatsächliche Timing des Atemanhaltens verlagert wird. Dieses verursacht das Problem, dass die Position von Organen in Bezug auf die Schnittposition jedes Mal etwas variiert.

**[0005]** Andererseits wird die Schnittpositionsjustage bei dem oben an zweiter Stelle zitierten Stand der

Technik hauptsächlich auf Bildgebungssitzungen bezogen, bei denen der Atem nicht angehalten wird und nicht auf Bildsitzungen mit angehaltenem Atem. Wenn jedoch zwei oder mehrere aufeinander folgende Bildgebungssitzungen mit angehaltenem Atem mit dazwischen liegendem Atemintervall stattfinden, kann die Fluktuation hinsichtlich des Timings beim Anhalten des Atems in jeder Sitzung fortbestehen und schlussendlich variiert die Position des Zwerchfells in dem Moment, wenn der Atem tatsächlich angehalten wird. Dieses wirft ebenfalls ein Problem auf, auch im Hinblick auf den zweitgenannten Stand der Technik, weil die Position von Organen mit Bezug auf die Schnittposition in den Bildgebungssitzungen mit angehaltenem Atem jedes Mal variieren kann.

**Aufgabenstellung****ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0006]** Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur MR-Bildgebung mit angehaltenem Atem, einer MR-Apparatur, ein tomographisches Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem und eine tomographische Bildgebungsapparatur zu schaffen, die es der Schnittpositionierung gestatten, der Positionsverlagerung von Organen zu folgen, wenn jeweils zwei oder mehrere Bildgebungssitzungen mit angehaltenem Atem durchgeführt werden, wobei dazwischen ein Atemfreigabeintervall liegt.

**[0007]** Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, zu dem gehören: ein Bildaufnahmeschritt für einen Navigator zur Bildgebung eines MR-Bilds mit einem Bildbereich, der das Zwerchfell enthält, während der Atem angehalten ist; ein Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Position des Zwerchfells durch Analyse des Navigationsbilds; ein Bildaufnahmeschritt zur tatsächlichen Bildaufnahme eines MR-Bildes eines gewünschten Schnitts mit angehaltenem Atem; ein Atemfreigabeintervallschritt zur Freigabe der Atmung, wobei die Schritte in dieser Reihenfolge zwei oder mehrmals wiederholt werden und wobei die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung eine Position ist, die so festgelegt ist, dass die Schnittposition des ersten Durchlaufs hinsichtlich der Abweichung zwischen der Zwerchfellposition in dem ersten Durchlauf und der Zwerchfellposition in dem zweiten oder späteren Durchlauf kompensiert ist.

**[0008]** Bei dem den ersten Aspekt entsprechenden oben beschriebenen MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem wird die Position des Zwerchfells bei angehaltenem Atem erfasst, um die Schnittposition entsprechend der Position des Zwerchfells zu kompensieren. Wenn zwei oder mehrere Bildge-

bungssitzungen mit angehaltenem Atem und dazwischen liegendem Atemfreigabeintervall durchgeführt werden, kann auf diese Weise die Schnittposition der Positionsverlagerung von Organen folgen, die durch Fluktuationen des Timings des Atemanhaltens in jeder Sitzung verursacht wird.

**[0009]** Nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des ersten Aspekts, bei dem der Bildgebungsbereich in dem Navigations-Bildaufnahmeschritt die Form einer Linie hat, die sich entlang der Körperachse erstreckt.

**[0010]** Die Verlagerung des Zwerchfells infolge der Atmung ist dreidimensional, jedoch liegt die Richtung der Verlagerung in erster Linie in Richtung der Körperachse. Es genügt deshalb, die Verlagerung in Richtung der Körperachse zu ermitteln.

**[0011]** Aus diesem Grund hat der Bildgebungsbereich bei dem Navigations-Bildaufnahmeschritt bei dem Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung die Form einer Linie in Richtung der Körperachse. Dies bedarf lediglich minimaler Datenakquisition und Nachbereitung bzw. Berechnung.

**[0012]** Nach einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung, schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, bei dem vor dem Bildaufnahmeschritt bei der tatsächlichen Bildgebung in dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß entweder dem ersten oder dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Erholungsschritt eingefügt wird, um eine Sekunde oder länger zu warten, bis sich die restliche laterale Magnetisierungskomponente wieder in eine vertikale Magnetisierung umorientiert hat.

**[0013]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem obigen dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beeinträchtigung der Nutzbildaufnahme durch die Aufnahme des Navigationsbilds vermieden.

**[0014]** Nach einem vierten Aspekt der Erfindung schafft die Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, bei dem vor der Bildaufnahme zur Aufnahme des Nutzbilds bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß einem des ersten bis dritten Aspekts der Erfindung ein Schnellrecoverysschritt durchgeführt wird, um die restliche Lateralmagnetisierungskomponente erzwungener Weise in die Vertikalmagnetisierungskomponente zu überführen.

**[0015]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem obigen vierten Aspekt

der Erfindung ist die Beeinträchtigung des Bildaufnahmeschritts zur Nutzbildaufnahme durch die Navigationsbildaufnahme unterdrückt.

**[0016]** Nach einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem des ersten bis vierten Aspekts, bei dem der Navigationsbildaufnahmeschritt und der Nutzbildaufnahmeschritt bei der tatsächlichen Bildgebung die umgekehrte Centric View Ordering nutzen.

**[0017]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des fünften Aspekts der Erfindung ist die Beeinträchtigung der Bildaufnahme des tatsächlichen Nutzbilds durch die Aufnahme des Navigationsbilds beseitigt.

**[0018]** Nach einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem des ersten bis fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung, bei der in dem Aufnahmeschritt zur Nutzbildaufnahme eine Kontrast-MR-Angiographie des Abdomens durchgeführt wird.

**[0019]** Bei dem im MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des obigen sechsten Aspekts der vorliegenden Erfindung ist die Bildgebungsposition in Bezug auf die Organe jedes Mal die Gleiche, womit eine korrekte Zeit-Intensitäts-Kurve erreicht werden kann. Zusätzlich kann ein korrektes Subtraktionsbild erhalten werden.

**[0020]** Nach einem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem des ersten bis fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung, bei dem in dem Bildaufnahmeschritt zur Nutzbildaufnahme eine Multiphasenbildgebung der Leber (arterielle Phase, Portalvenenphase, Equilibriumphase) durchgeführt wird.

**[0021]** Bei dem Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Bildgebungsposition für die Leber jedes Mal dieselbe, so dass der Vergleich zwischen den Phasen korrekt durchgeführt werden kann.

**[0022]** Nach einem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem des ersten bis fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung, bei dem in einem ersten Durchlauf des Bildaufnahmeschritts bei der Nutzbildgebung eine Empfindlichkeitskompensationsbildgebung unter Nutzung einer Körperspule durchgeführt wird, wobei die Bildaufnahme für das Nutzbild in einem zweiten Durchlauf des Nutzbildaufnahmeschritts oder

später durchgeführt wird.

**[0023]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem achten Aspekt der Erfindung kann die Schnittposition zum Zeitpunkt der Aufnahme des Empfindlichkeitskompensationsbild mit der Schnittposition des Zeitpunkts der Bildaufnahme des Nutzbilds in Bezug auf das Organ identisch sein.

**[0024]** Nach einem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß einem des ersten bis fünften Aspekts der Erfindung, bei dem in einem ersten Durchlauf des Bildaufnahmeschritts für das Nutzbild ein als Referenzbild dienendes Bild aufgenommen wird, und bei dem ein Bild zur Parallelbildgebung in einem zweiten oder späteren Durchlauf des Nutzbildaufnahmeschritts aufgenommen wird.

**[0025]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind die Schnittposition des Referenzbilds und die Schnittposition zum Zeitpunkt der Parallelbildgebung in Bezug auf das Organ die Gleichen.

**[0026]** Nach einem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß einem des ersten bis fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung, bei dem ein Bild zur Bildfusion aufgenommen wird, indem die Bildgebungsbedingungen zu dem jeweiligen Zeitpunkt in dem Nutzbildaufnahmeschritt geändert werden.

**[0027]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem zehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung kann eine Fehlausrichtung beseitigt werden.

**[0028]** Nach einem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß einem des ersten bis fünften Aspekts der vorliegenden Erfindung bei dem in dem Nutzbildaufnahmeschritt eine Bildaufnahme für ein Dispersionsbild erfolgt.

**[0029]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung kann jede Verzerrung vermieden werden, wenn NEX erhöht wird.

**[0030]** Nach einem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die Erfindung eine MRI-Einrichtung, die aufweist: Ein Navigationsbildaufnahmemittel zur Aufnahme von MR-Bildern, die einen Bildbereich aufweisen, der das Zwerchfell enthält, während

der Atem angehalten wird; ein Zwerchfellpositionsbestimmungsmittel zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds; ein Nutzbildaufnahmemittel zur Aufnahme von MR-Bildern eines gewünschten Schnitts mit angehaltenem Atem; ein Kontrollermittel zum wiederholten Betrieb der Mittel für zwei oder mehrere Male mit dazwischen liegenden Atemintervallen; und ein Kompensatormittel zur Bestimmung der Position die so festgelegt ist, dass die Schnittposition eines ersten Durchlaufs hinsichtlich des Unterschieds zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs in Übereinstimmung mit der Schnittposition eines zweiten oder späteren Durchlaufs gebracht wird.

**[0031]** In der MRI-Einrichtung gemäß dem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0032]** Nach einem dreizehnten Aspekt der Erfindung - schafft die vorliegende Erfindung eine MR-Einrichtung, die den zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung entspricht, bei der sich der Bildgebungsbereich in dem Schritt zur Aufnahme des Navigationsbilds in Form einer Linie entlang der Körperachse erstreckt.

**[0033]** In dem oben genannten dreizehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung entsprechende MRI-Einrichtung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung geeignet umsetzen.

**[0034]** Nach einem vierzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung eine MR-Einrichtung entsprechend der MR-Einrichtung des zwölften oder dreizehnten Aspekts, bei der vor der Betätigung der Bildaufnahmemittel für das Nutzbild eine Erholzeit zum Abwarten eingehalten wird, bis sich eine oder mehrere der seitlichen Restmagnetisierungskomponenten zur Vertikalmagnetisierung rückgestellt haben.

**[0035]** Bei der MR-Einrichtung nach dem vierzehnten oben genannten Aspekt der Erfindung kann das Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des dritten Aspekts der vorliegenden Erfindung geeignet ausgeführt werden.

**[0036]** Nach einem fünfzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung eine MRI-Einrichtung entsprechend der MRI-Einrichtung nach einem des zwölften bis vierzehnten Aspekts, bei dem vor der Betätigung des Bildaufnahmemittels zur Nutzbildgebung ein schnelles Recoverymittel zur erzwungenen Umstellung der restlichen lateralen Magnetisierungskomponente auf die vertikale

Magnetisierungskomponente betätigt wird.

**[0037]** In der dem oben genannten fünfzehnten Aspekt der Erfindung entsprechenden MR-Einrichtung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des vierten Aspekts der vorliegenden Erfindung geeignet ausgeführt werden.

**[0038]** Nach einem sechzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung eine MR-Einrichtung gemäß der MR-Einrichtung nach einem des zwölften bis fünfzehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung, bei der der Bildaufnahmeschritt für das Navigationsbild und der Bildaufnahmeschritt für das Nutzbild reverse centric view ordering nutzen.

**[0039]** Mit der MRI-Einrichtung gemäß des obigen sechzehnten Aspekts der Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem fünften Aspekt der Erfindung geeignet ausgeführt werden.

**[0040]** Nach einem siebzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem unter Nutzung der MR-Einrichtung nach dem oben genannten zwölften bis sechzehnten Aspekt der Erfindung zur Durchführung einer Kontrast-MR-Angiographie bei der Abdomenbildgebung.

**[0041]** Mit dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem siebzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren gemäß dem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0042]** Nach einem achtzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem mittels der MR-Einrichtung gemäß einem des zwölften bis sechzehnten Aspekts der Erfindung, in der die Multiphasen-Bildaufnahme der Leber durchgeführt wird.

**[0043]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem obigen achtzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des siebten Aspekts der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0044]** Nach einem neunzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem unter Nutzung der MR-Einrichtung gemäß einem des zwölften bis sechzehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung zur Durchführung einer Empfindlichkeitskompensationsbildgebung unter Nutzung einer Körperspule in einem ersten Durchlauf

des Bildaufnahmeschritts bei der Nutzbildgebung und zur Durchführung einer Bildaufnahme für das Nutzbild in einem zweiten oder späteren Durchlauf des Bildaufnahmeschritts zur Nutzbildgebung.

**[0045]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem obigen neunzehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach dem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0046]** Nach einem zwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem unter Nutzung der MRI-Einrichtung gemäß einem des zwölften bis sechzehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung, zur Durchführung einer Referenzbildaufnahme in einem ersten Durchlauf des Bildaufnahmeschritts der Nutzbildaufnahme und Durchführung einer Parallelbildaufnahme in einem zweiten oder späteren Durchlauf des Bildaufnahmeschritts der Nutzbildgebung.

**[0047]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem zwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung, kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0048]** Nach einem einundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem unter Nutzung der MRI-Einrichtung gemäß einem des zwölften bis sechzehnten Aspekts der vorliegenden Erfindung zur Durchführung einer Bildaufnahme zur Bildfusion, indem jedes Mal die Bildaufnahmebedingungen geändert werden.

**[0049]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach dem obigen einundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung, kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung geeignet umgesetzt werden.

**[0050]** Nach einem zweiundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem unter Verwendung der MR-Einrichtung gemäß einem vom zwölften bis sechzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung zur Durchführung einer Bildaufnahme für ein Dispersionsbild.

**[0051]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem obigen zweiundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem gemäß des elften Aspekts der vorliegenden Erfin-

ung geeignet umgesetzt werden.

**[0052]** Nach einem dreiundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung ein tomographisches Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem zu dem gehören:

Ein Navigationsbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines tomographischen Bilds mit einem Bildgebungsbereich, der das Zwerchfell enthält, während der Atem angehalten wird; einen Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds; einen Nutzbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines tomographischen Bilds eines gewünschten Schnitts, während der Atem angehalten wird; und ein Atemschritt zur Freigabe des Atmens, wobei diese Schritte in dieser Reihenfolge zwei oder mehrmals nacheinander wiederholt werden, und wobei die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung auf eine Position gebracht wird, die so festgelegt ist, dass die Abweichung hinsichtlich der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs hinsichtlich der Schnittposition des ersten Durchlaufs kompensiert bzw. minimiert ist.

**[0053]** Bei dem tomographischen bildgebenden Verfahren mit angehaltenem Atem nach dem dreiundzwanzigsten obigen Aspekt der vorliegenden Erfindung, wird die Zwerchfellposition erfasst, während der Atem angehalten wird und die Schnittposition wird, entsprechend der erfassten Zwerchfellposition festgelegt. Wenn zwei oder mehrere aufeinander folgende Bildgebungen mit angehaltenem Atem und dazwischen liegendem Atemintervall durchgeführt werden, kann die Schnittposition in jedem Durchlauf der Verlagerung des Organs folgen.

**[0054]** Nach einem vierundzwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft die vorliegende Erfindung eine tomographische bildgebende Einrichtung, die aufweist:

Ein Navigationsbildgebungsmittel, das ein tomographisches Bild mit einem Bildgebungsbereich aufnimmt, der das Zwerchfell in Richtung der Körperlängsachse aufnimmt, während der Atem angehalten wird; ein Zwerchfellpositionsbestimmungsmittel zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds; ein Nutzbildgebungsmittel zur Aufnahme eines tomographischen Bilds eines geeigneten Schnitts während der Atem angehalten wird; ein Controllermittel zur wiederholten Betätigung der Mittel für zwei oder mehrere Male mit dazwischen liegendem Atemintervall; und ein Kompensatormittel zur Bestimmung der Position, die so festgelegt wird, dass die Schnittposition eines ersten Durchlaufs mit der Schnittposition eines zweiten oder späteren Durchlaufs hinsichtlich der Differenz zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durch-

laufs kompensiert bzw. in Übereinstimmung gebracht wird.

**[0055]** Bei der tomographischen bildgebenden dem obigen vierundzwanzigsten Aspekt der Erfindung entsprechenden Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann das tomographische bildgebende Verfahren mit angehaltenem Atem gemäß dem dreiundzwanzigsten Aspekt der Erfindung geeignet umgesetzt werden. Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, kann die tomographische bildgebende Einrichtung zusätzlich zu der MRI-Einrichtung eine Röntgen-CT-Einrichtung aufweisen.

**[0056]** Bei dem MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, der MR-Einrichtung, dem tomographischen bildgebenden Verfahren mit angehaltenem Atem und der bildgebenden tomographischen Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Positionsverlagerung eines Organs durch die Schnittposition gefolgt werden, wenn die Bildgebung mit angehaltenem Atem zwei oder mehrmals durchgeführt, wobei dazwischen Atemintervalle liegen.

**[0057]** Das MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, die MR-Einrichtung, das tomographische bildgebende Verfahren mit angehaltenem Atem und die tomographische bildgebende Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können dazu verwendet werden, tomographische Bilder eines Patienten zu erhalten, indem iterativ zwei oder mehrmals die Bildaufnahmesitzungen mit angehaltenem Atem durchgeführt werden, während dazwischen Atemintervalle liegen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0058]** Andere Aufgaben und Vorzüge der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wie in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0059]** [Fig. 1](#) ist ein Blockbild, das einen Überblick über eine MR-Einrichtung gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gibt.

**[0060]** [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, das den Scannprozess veranschaulicht, der iterative Wiederholungen des Atemanhaltens gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

**[0061]** [Fig. 3](#) ist ein Zeitplan, der die Bildgebung mit angehaltenem Atem gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

**[0062]** [Fig. 4](#) ist ein schematisches Diagramm, das

die Verlagerung eines Organs in Folge einer Timingdifferenz beim Anhalten des Atems veranschaulicht.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0063]** Die vorliegende Erfindung wird mit Verweis auf die bevorzugten Ausführungsformen näher beschrieben, die in den Zeichnungen dargestellt ist. Es soll hier angemerkt werden, dass die gezeigten bevorzugten Ausführungsformen nicht als die Erfindung beschränkend angesehen werden.

##### [Erste Ausführungsform]

**[0064]** Es wird nun auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, in der ein schematisches Blockbild veranschaulicht ist, das eine MR-Einrichtung **100** gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung andeutet.

**[0065]** In dieser MR-Einrichtung **100** enthält eine Magnetanordnung **101** einen zentralen Raum (Bohrung) zur Aufnahme eines Patienten oder Objekts. Eine statische Magnetfeldspule **101C** umgibt die Bohrung, um an das Objekt ein konstantes statisches Magnetfeld anzulegen; eine Gradientenspule **101G** zur Erzeugung eines Gradientenfelds in Richtung der X-, Y- und Z-Achse, eine Sendespule **101T** zur Aussendung von HF-Impulsen zur Erregung der Spins der Atomkerne in dem Objekt, eine Anzahl von Empfängerspulen **101(0) ... 101(I)** zum Empfang von NMR-Signalen (Kernspinsignalen) des Objekts sind des weiteren angeordnet.

**[0066]** Die Sendespule **101T** und die Empfängerspule **101(0)** sind Körperspulen, während die Empfängerspulen **101(1) ... 101(I)** Oberflächenspulen sind.

**[0067]** Die statische Magnetfeldspule **101C**, die Gradientenspule **101G** und die Sendespule **101T** sind jeweils mit einer magnetischen Gleichfeldleistungsversorgung **102**, einer Gradientenspulentreiberschaltung **103** bzw. einem Hochfrequenzleistungsverstärker **104** verbunden. Die Empfängerspulen **101(0) ... 101(I)** sind entsprechend mit Vorverstärkern **105(0) ... 105(I)** verbunden.

**[0068]** Anstelle der statischen Magnetfeldspule **101C** kann ein Permanentmagnet Verwendung finden.

**[0069]** Eine Sequenzspeicherschaltung **108** betreibt unter der Steuerung eines Computers **107** die Gradientenspulentreiberschaltung **103** auf Basis einer darin gespeicherten Impulssequenz, um mit der Gradientenspule **101G** ein Gradientenfeld zu erzeugen und betätigt eine Gatemodulatorschaltung **109** zur Modulation der Trägerausgangssignale einer HF-Oszillatorschaltung **110** auf Pulssignale, die ein vorbe-

stimmtes Timing, eine vorbestimmte Höhe, Kurvenform und eine vorbestimmte Phase aufweisen, um diese an den HF-Leistungsverstärker **104** als HF-Impulse zu liefern und der HF-Leistungsverstärker **104** verstärkt die Leistungsausgangssignale und liefert die so verstärkte Leistung an die Sendespule **101T**.

**[0070]** Ein Selektor **111** liefert die von den Empfängerspulen **101(0) ... 101(I)** empfangenen und dann von den Vorverstärkern **105(0) ... 105(I)** verstärkten NMR-Signale an M-Empfänger **112(1) ... 112(m)**. Diese Lösung dient der willkürlichen Änderung der Kombination zwischen den Empfängerspulen **101(0) ... 101(I)** mit den Empfängern **112(1) ... 112(m)**.

**[0071]** Die Empfänger **112(1) ... 112(m)** konvertieren die NMR-Signale in digitale Signale zur Eingabe in den Computer **107**. Der Computer **107** liest die Digitalsignale der Empfänger **112** und verarbeitet sie zur Erzeugung eines MR-Bilds. Dem Computer **107** untersteht auch das gesamte Maschinenmanagement, wie beispielsweise die Entgegennahme von Eingabeinformation über eine Konsole **113**.

**[0072]** Es ist eine Wiedergabeeinheit **106** zur Wiedergabe von Bildern und Nachrichten vorgesehen.

**[0073]** Es wird nun auf [Fig. 2](#) verwiesen, in der ein Flussbild veranschaulicht ist, das einen MR-Bildgebungsprozess mit angehaltenem Atem gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

**[0074]** In Schritt J1 wird der Wert i in einem Wiederholungszähler auf „1“ gesetzt.

**[0075]** In Schritt J2 wird einem Patienten signalisiert, den Atem anzuhalten, und der Prozess setzt mit dem nächsten Schritt J3, wenn der Patient den Atem anhält.

**[0076]** In Schritt J3 wird für den Navigator eine Pulssequenz genutzt, um die Daten Ni für den Navigator aufzunehmen. Die in [Fig. 3](#) veranschaulichte Referenz-Nr. K1 entspricht dem Schritt J3 für den ersten Durchlauf (i = 1) und K4 entspricht dem Schritt J3 für den zweiten Durchlauf (i = 2).

**[0077]** Der Zweck des Aufnehmens von Navigationsdaten Ni liegt in der Erfassung der Position Pi des Zwerchfells. In dieser Beschreibung wird zum Zwecke der Einfachheit angenommen, dass der Bildgebungsbereich die Form einer Linie hat, die sich entlang der Körperachse erstreckt. Die Navigatorpulssequenz kann deshalb eine gut bekannte Pulssequenz nutzen, die den Bildgebungsbereich in der Form einer Linie erregt. Wenn die Größe der Verlagerung in der Richtung der Körperachse ungefähr 2 cm beträgt, kann die Länge des Bildgebungsbereichs in Richtung der Körperachse größer als 2 cm sein.



**[0078]** In Schritt J4 wird die Zwerchfellposition  $P_i$  von den Navigatordaten  $N_i$  abgeleitet. Die in [Fig. 3](#) veranschaulichte Bezugsnummer C1 entspricht dem Schritt J4 in dem ersten Durchlauf ( $i = 1$ ) und die Referenz-Nr. C3 entspricht dem Schritt J4 in dem zweiten Durchlauf ( $i = 2$ ). Die in [Fig. 4\(a\)](#) veranschaulichte Referenz-Nr. P1 kennzeichnet die Position P1 des Zwerchfells D zum Zeitpunkt des ersten Durchlaufs ( $i = 1$ ) und die Referenz-Nr. P2 veranschaulicht in [Fig. 4\(c\)](#) die Position  $P_i$  des Zwerchfells D zum Zeitpunkt eines Durchlaufs nach dem zweiten ( $i > 2$ ).

**[0079]** In Schritt J5 wird die Differenz  $\Delta i$  zwischen der Position P1 des Zwerchfells D zum ersten Durchlauf ( $i = 1$ ) und der Position  $P_i$  des Zwerchfells D zum  $i$ -ten Durchlauf ( $i \geq 1$ ) bestimmt, die vorbestimmte Schnittposition wird um die Differenz  $\Delta i$  kompensiert, um die Schnittposition  $S_i$  für den  $i$ -ten Durchlauf festzulegen. Zum ersten Durchlauf ( $i = 1$ ) ist die Differenz  $\Delta 1 = 0$ , so dass die vorbestimmte Schnittposition die Schnittposition  $S_1$  für den ersten Durchlauf wird. Wenn die Differenz  $\Delta i \neq 0$  zu einem Zeitpunkt eines Durchlaufs nach dem zweiten ( $i > 2$ ), wird die Schnittposition entsprechend kompensiert. Die in [Fig. 4\(b\)](#) veranschaulichte Referenz-Nr. S1 zeigt die Schnittposition  $S_1$  zu dem ersten Durchlauf ( $i = 1$ ) an und die Referenz-Nr.  $S_i$ , die in [Fig. 4\(d\)](#) veranschaulicht ist, kennzeichnet die Schnittposition  $S_i$  zu dem Zeitpunkt eines Durchlaufs nach dem zweiten Durchlauf ( $i > 2$ ).

**[0080]** In Schritt J6 wartet der Prozess auf die von der Navigatorpulssequenz erregte Magnetisierung, um mit Schritt J7 fortzufahren. Diese Wartezeitspanne ist für die Erholungszeit der Vertikalmagnetisierung in [Fig. 3](#) dargestellt. Die Vertikalmagnetisierungs-Erholungszeit kann länger als 1 Sekunde, beispielsweise 2 Sekunden, sein. Jedoch kann die Vertikalmagnetisierungs-Erholungszeit gekürzt oder übergangen werden, wenn die restliche Lateralmagnetisierungskomponente erzwungenerweise zur Vertikalmagnetisierung umgestellt wird, indem bekannte, schnelle Recovery-Verfahren angewendet werden, beispielsweise durch Anlage schneller Recovery-Impulse, wie beispielsweise K2 und K5, veranschaulicht in [Fig. 3](#). Die Vertikalmagnetisierungs-Erholzeit (Recovery-Zeit) kann außerdem gekürzt oder vermieden werden, wenn die Bildaufnahme für das Nutzbild, die reverse centric view ordering nutzt, die Bandartefakte, wie nachstehend beschrieben, unterdrückt.

**[0081]** In Schritt J7 wird eine Pulssequenz genutzt, um Bildgebungsdaten  $D_i$  in der Schnittposition  $S_i$  zu sammeln. Die in [Fig. 3](#) gezeigte Referenz-Nr. K3 entspricht dem Schritt J7 zu dem Zeitpunkt des ersten Durchlaufs ( $i = 1$ ) und die Referenz-Nr. K6 entspricht dem Schritt J7 zum Zeitpunkt des zweiten Durchlaufs ( $i = 2$ ).

**[0082]** In Schritt J8 wird der Patient angewiesen zu Atmen, wie beispielsweise einzuatmen.

**[0083]** In Schritt J9 wird, wenn der Wert des Zählers  $i$  die geplante Wiederholzahl erreicht, der Scannprozess beendet und falls nicht, setzt der Prozess mit Schritt J10 fort.

**[0084]** In Schritt J10 wird der Wert des Zählers  $i$  um '1' inkrementiert und das Verfahren geht zurück auf Schritt J2.

**[0085]** Während der Patient atmet können, wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht, Bilder als C2 und C5 rekonstruiert werden.

**[0086]** Bei der MR-Einrichtung **100** gemäß der bevorzugten Ausführungsform kann die Schnittposition der Positionsverlagerung des Organs in Folge von Timingunterschieden beim Atemanhalten zwischen verschiedenen Durchläufen folgen. Dies kann die folgenden Effekte erzielen:

(1) Bei der Bildaufnahme des Nutzbilds J7 kann, wenn eine abdominale Kontrast-MR-Angiographie durchgeführt wird, um zu versuchen, eine Zeitintensitätskurve zu erhalten, eine korrekte Zeitintensitätskurve erhalten werden, weil die Bildposition für jeden Durchlauf in Bezug auf das Organ die Gleiche ist. Außerdem kann, wenn versucht wird ein Subtraktionsbild zu erhalten, ein korrektes Subtraktionsbild (oder Differenzbild) erhalten werden.

(2) Bei der Bildaufnahme für das Nutzbild J7 kann, wenn eine Multiphasenbildgebung der Leber L, wie in [Fig. 4](#) veranschaulicht, durchgeführt wird (z.B. arterielle Phase, Portalvenenphase und Equilibrium Phase) der Vergleich zwischen den Phasen korrekt durchgeführt werden, weil die Schnittposition  $S_i$  für jeden Durchlauf in Bezug auf die Leber L die Gleiche ist.

(3) Wenn die Sensitivitätskompensationsbildgebung die Körperspule **101(0)** in einem ersten Durchlauf eines Bildaufnahmeschritts für das Nutzbild J7 nutzt und die Bildaufnahme für das Nutzbild die Oberflächenspulen **101(1) ... 101(i)** in einem zweiten Durchlauf des Nutzbildaufnahmeschritts J7 zur Nutzbildgebung nutzt, kann die Sensitivitätskompensation korrekt durchgeführt werden, weil die Schnittposition zum Zeitpunkt der Sensitivitätskompensationsbildgebung und die Schnittposition zum Zeitpunkt der Bildaufnahme für das Nutzbild die Gleiche ist. Dies gilt insbesondere für Bildgebungsverfahren wie beispielsweise PURE und CLEAR.

(4) Wenn für das Referenzbild in einem ersten Durchlauf des Bildaufnahmeschritts zur Nutzbildgebung J7 ein Bild aufgenommen und für die Parallelbildgebungen einen zweiten Durchlauf später nach dem Bildaufnahmeschritt zur Nutzbildgebung J7 ein Bild aufgenommen wird, kann die Parallelbildgebung korrekt ausgeführt werden, weil die Schnittposition für das Referenzbild und die Schnittposition für die Parallelbildgebung die Gleiche ist.



chen sind. Dies gilt insbesondere für die Bildgebungsverfahren, wie beispielsweise ASSET und SENSE.

(5) Wenn Bilder für die Bildfusion aufgenommen werden, während sich die Bildgebungsbedingungen in dem Bildaufnahmeschritt J7 für die Nutzbildgebung ändern, ist die Schnittposition für jeden Durchlauf jeweils die Gleiche, so dass die Fehlübereinstimmung beseitigt werden kann.

(6) Wenn Bilder für Difussionsbildgebung mit NEX in dem Bildgebungsschritt J7 zur Nutzbildgebung vergrößert aufgenommen werden, kann die Verzerrung des Difussionsbilds vermieden werden.

#### [Zweite Ausführungsform]

**[0087]** Die vorliegende Erfindung kann gleichermaßen auf jede tomographische Bildgebungseinrichtung angewandt werden, die von einer MR-Einrichtung verschieden ist.

**[0088]** Es können stark abweichende Ausführungsformen der Erfindung zusammengestellt werden, ohne den Geist und den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Es sollte verstanden werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die in der Beschreibung beschriebenen speziellen Ausführungsformen, sondern nur durch die nachfolgenden Ansprüche beschränkt ist.

**[0089]** Wenn zwei oder mehrere Durchläufe einer Bildgebung mit angehaltenem Atem und dazwischen liegendem Atemintervall durchgeführt werden, gestattet die vorliegende Erfindung der Schnittpositionierung der Positionsverlagerung des Organs in jedem Durchlauf zu folgen. Die vorliegende Erfindung umfasst einen Navigationsbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Bilds, das in dem Bildgebungsbereich das Zwerchfell bei angehaltenem Atem enthält, einen Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds, einen Bildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Bildes eines gewünschten Schnitts bei angehaltenem Atem als Nutzbild und einen Atemintervallschritt zur Freigabe der Atmung auf, wobei diese Schritte iterativ zwei oder mehrmals ausgeführt werden. Die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung wird auf eine Position gebracht die so festgelegt ist, dass die Schnittposition des ersten Durchlaufs hinsichtlich der Abweichung zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs kompensiert ist.

#### Bezugszeichenliste

##### Fig. 1

107	Computer
108	Sequenzspeicherschaltung
103	Gradientenspulentreiberschaltung
109	Geldmodulatorschaltung
104	HF-Leistungsverstärker
110	HF-Oszillatorschaltung
102	Statische Magnetfeldspulenversorgung
112(1)	Empfänger
112(2)	Empfänger
112(m)	Empfänger
111	Selektor
105(0)	Vorverstärker
105(1)	Vorverstärker
105(l)	Vorverstärker
106	Wiedergabeeinheit
113	Konsole
101G	Gradientenspule
101T	Sendespule
101C	Statische Magnetfeldspule
101(0)	Empfängerspule
101(1)	Empfängerspule
101(l)	Empfängerspule
101	Magnetanordnung
100	MR-Einrichtung

##### Fig. 2

Atembeginn, Anhalten des MR-Bildgebungsprozesses

J1 i = 1

J2 hält der Patient den Atem an?

J3 Akquisition von Navigationsdaten Ni durch Navigationspulssequenz

J4 Bestimmung der Zwerchfellposition Pi aus den Navigationsdaten Ni

J5 Bestimmung der Schnittposition Si durch Kompensation des Unterschieds zwischen der Position P1 und der Position Pi

J6 Magnetische Erholung abwarten

J7 Akquisition von Bilddaten Di der Schnittposition Si durch Nutzung der Bildgebungspulsesequenz

J8 Anweisung an den Patienten zu Atmen

J9 i = l?

J10 i = i + 1

Ende

##### Fig. 3

Patient Scann Berechnung

Atmen

Beginn des Atemanhaltens

Atem anhalten

Navigationsbildgebung K1

Zeitspanne zur Vertikalmagnetisierungserholung

Erzwungene Erholung K2

Bestimmung der Zwerchfellposition C1

Bildgebung K3  
 Beginn des Atmens  
 Atmen  
 Bildrekonstruktion C2  
 Beginn des Atemanhaltens  
 Atem anhalten  
 Navigationsbildgebung K4  
 Erzwungener Recovery K5  
 Bestimmung der Zwerchfellposition C3  
 Schnittpositionskompensation C4  
 Bildgebung K6  
 Atmen beginnt  
 Atmen  
 Zeit Bildrekonstruktion C5

**Fig. 4**

- (a) Leber; Zwerchfell
- (b) Leber; Zwerchfell
- (c) Leber; Zwerchfell
- (d) Leber; Zwerchfell

### Patentansprüche

1. MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem, das aufweist:  
 einen Navigationsbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Bilds mit einem Bildbereich, der das Zwerchfell bei angehaltenem Atem enthält,  
 einen Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Position des Zwerchfells durch Analyse des Navigationsbilds,  
 einen Bildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines MR-Nutzbildes eines gewünschten Schnitts mit angehaltenem Atem und  
 ein Atemfreigabeintervallschritt zur Freigabe der Atmung,  
 wobei die Schritte zwei oder mehrmals in dieser Reihenfolge wiederholt werden und  
 wobei die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung auf eine Position gebracht wird, die so festgelegt ist, dass sie hinsichtlich der Schnittposition des ersten Durchlaufs um die Differenz zwischen den Zwerchfellpositionen des ersten Durchlaufs und des zweiten oder späteren Durchlaufs kompensiert ist.

2. MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach Anspruch 2, bei dem der Bildgebungsbe-  
 reich des Navigationsbildaufnahmeschritts eine Linie ist, die sich entlang der Körperachse erstreckt.

3. MR-Bildgebungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem vor dem Schritt der Aufnahme des Nutzbilds ein Recovery-Schritt vorgesehen wird, um für eine oder mehrere Sekunden abzuwarten, bis sich die restliche Lateralmagnetisierungskomponente auf die vertikale Magnetisierung rückgestellt hat.

4. MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem vor

dem Bildaufnahmeschritt der Nutzbildgebung ein Fast-Recovery-Schritt vorgesehen wird, um die Restlateralmagnetisierungskomponente erzwungenmaßen in Vertikalmagnetisierung zu überführen.

5. MR-Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Navigationsbildaufnahmeschritt und der Bildaufnahmeschritt für das Nutzbild reverse centric view ordering nutzen.

6. MR-Einrichtung **100**, die aufweist:  
 eine Navigatorbildaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme von MR-Bildern, die einen Bildbereich aufweisen, der das Zwerchfell bei angehaltenem Atem beinhaltet,  
 eine Zwerchfellpositionsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung der Position des Zwerchfells durch Analyse des Navigationsbilds,  
 eine Nutzbildaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme von MR-Bildern eines gewünschten Schnitts bei angehaltenem Atem,  
 eine Controllereinrichtung zur wiederholten Betätigung der Einrichtung für zwei oder mehrere Male mit dazwischen liegenden Atemintervallen und  
 eine Kompensatoreinrichtung zur Bestimmung der Position die so festgelegt ist, dass die Schnittposition eines ersten Durchlaufs hinsichtlich der Differenz zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs durch die Schnittposition eines zweiten oder späteren Durchlaufs kompensiert wird.

7. MR-Einrichtung (**100**) gemäß Anspruch 6, bei der der Bildgebungsbe-  
 reich in dem Navigationsbildaufnahmeschritt die Form einer Linie hat, die sich entlang der Körperachse erstreckt.

8. MR-Einrichtung (**100**) nach Anspruch 6 oder 7, bei der eine Erholzeit zum Abwarten von einer oder mehreren Sekunden abgewartet ist, bis die restliche laterale Magnetisierungskomponente wieder zu einer Vertikalmagnetisierung übergewechselt ist, bevor die Bildaufnahmeeinrichtung für das Nutzbild betrieben wird.

9. Bildgebungsverfahren mit angehaltenem Atem mit:  
 einem Navigationsbildaufnahmeschritt zur Aufnahme eines tomographischen Bilds, das einen Bildgebungsbe-  
 reich aufweist, der das Zwerchfell bei angehaltenem Atem enthält,  
 einen Zwerchfellpositionsbestimmungsschritt zur Bestimmung der Position des Zwerchfells durch Analyse des Navigationsbilds,  
 einen Bildaufnahmeschritt für das Nutzbild zur Aufnahme eines tomographischen Bilds eines gewünschten Schnitts bei angehaltenem Atem und  
 einen Atemschritt zur Freigabe des Atmens  
 wobei die Schritte in dieser Reihenfolge zwei oder

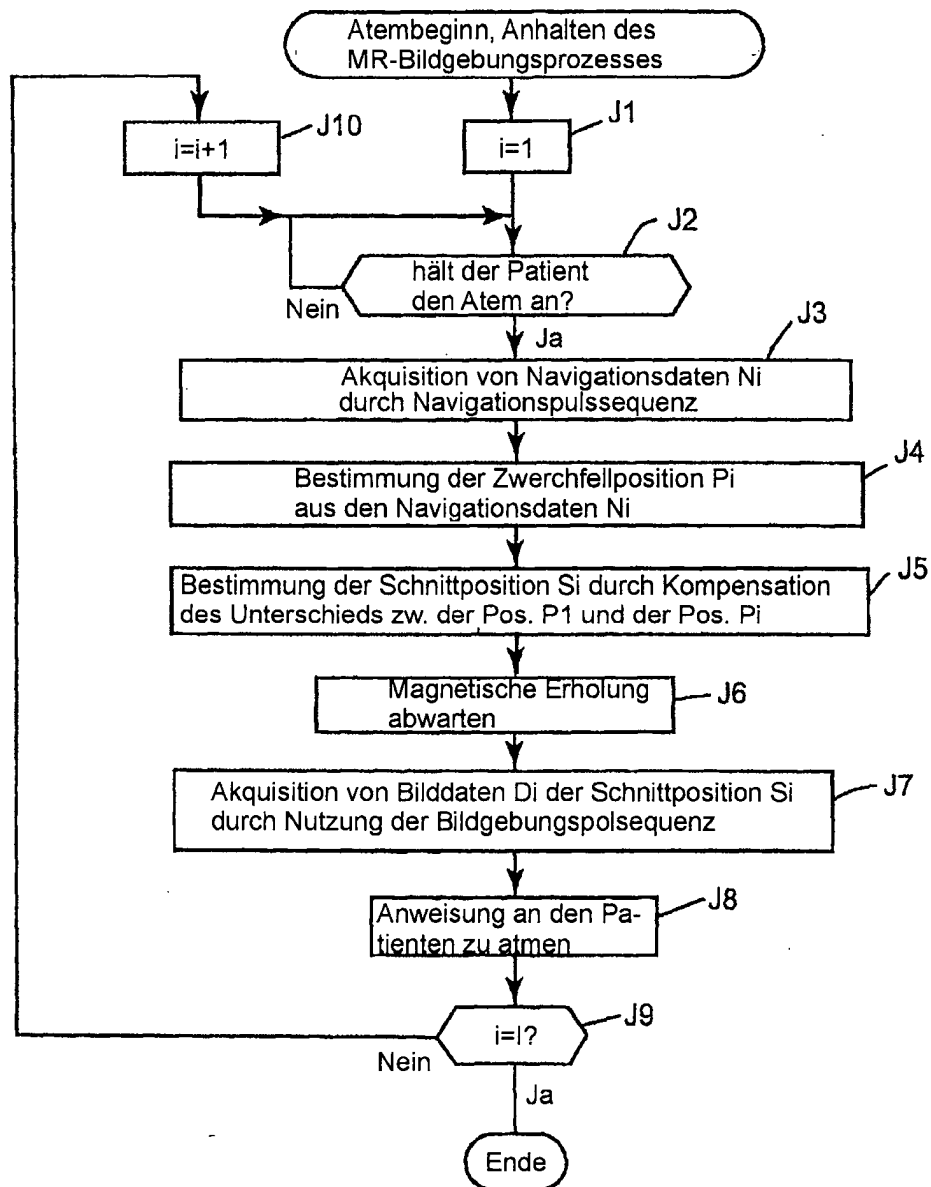
mehrmals wiederholt werden und wobei die Schnittposition der zweiten oder späteren Sitzung auf eine Position gebracht wird, die so ausgewählt ist, dass die Schnittposition des ersten Durchlaufs hinsichtlich der Differenz zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs kompensiert wird.

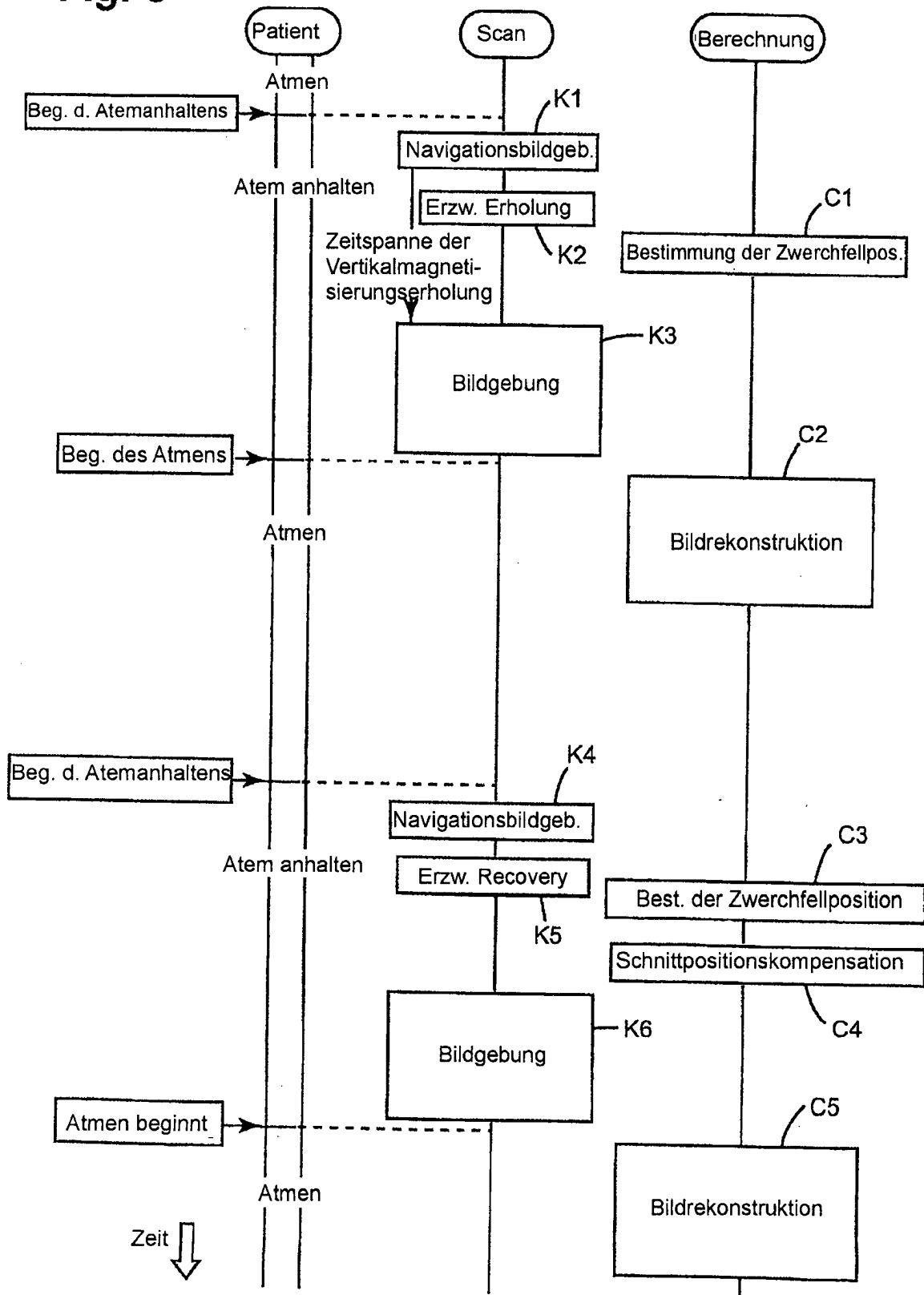
10. Tomographische bildgebende Einrichtung (100), die aufweist:

eine navigationsbildgebende Einrichtung, die ein tomographisches Bild aufnimmt, dass einen Bildbereich enthält, der das Zwerchfell in Richtung der Körperachse mit angehaltenem Atem enthält,  
 eine Zwerchfellpositionsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung der Zwerchfellposition durch Analyse des Navigationsbilds,  
 eine Nutzbildgebungseinrichtung zur Aufnahme eines tomographischen Bilds eines gewünschten Schnitts mit angehaltenem Atem,  
 eine Controllereinrichtung zur wiederholten Betätigung der Einrichtung zum zweiten oder wiederholten Male mit dazwischen liegendem Atemintervall und  
 eine Kompensationseinrichtung zur Bestimmung der Position, die so festgelegt ist, dass die Schnittposition eines ersten Durchlaufs hinsichtlich der Abweichung zwischen der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des ersten Durchlaufs und der Zwerchfellposition des zweiten oder späteren Durchlaufs so kompensiert wird, dass sie die Schnittposition des zweiten oder späteren Durchlaufs ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



**Fig. 2**

**Fig. 3**



**Fig. 4**

