



(10) **DE 10 2010 021 099 A1** 2011.11.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 021 099.4**

(22) Anmeldetag: **20.05.2010**

(43) Offenlegungstag: **24.11.2011**

(51) Int Cl.: **G01R 33/34 (2006.01)**
A61N 5/10 (2006.01)

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

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

(72) Erfinder:
Heller, Jürgen, 91080, Spardorf, DE

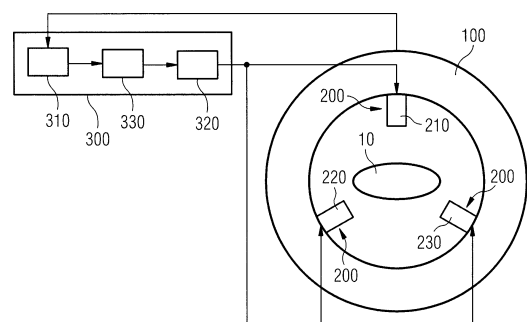
DE 10 2006 059707 B3
WO 2009/0 45 411 A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kombiniertes Magnetresonanz- und Bestrahlungssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Magnetresonanztomographen (MRT), der zusätzlich mit einem Bestrahlungssystem mit zumindest zwei fest installierten, unbeweglichen Bestrahlungseinheiten, bspw. Linearbeschleuniger zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, ausgestattet ist. Das kombinierte Gerät nutzt den sehr guten Weichteilkontrast des MRT dahingehend aus, dass dieser Kontrast zur Erstellung und/oder Anpassung eines Bestrahlungsplans unverzichtbar ist. Durch die Kombination des MRT mit dem Bestrahlungssystem ist es möglich, die MRT-Untersuchung am Ort der Bestrahlung auszuführen, so dass der Patient nicht transportiert werden muss. Darüber hinaus kann ein Bestrahlungsplan in Echtzeit angepasst werden, bspw. für den Fall, dass während der Bestrahlung festgestellt wird, dass sich das zu bestrahlende Zielvolumen bspw. aufgrund von Atembewegungen bewegt hat, so dass der bis dahin bestehende Bestrahlungsplan angepasst werden muss.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein bildgebendes System, insbesondere einen Magnetresonanztomographen (MRT), das mit einem Bestrahlungssystem kombiniert ist.

[0002] In der modernen Strahlentherapie werden zur Berechnung der Bestrahlungspläne Bilddaten von Röntgensystemen, Magnetresonanztomographen und/oder Computertomographen (CT) verwendet. Bei Verwendung eines MRT definiert der behandelnde Arzt basierend auf dem MRT-Datensatz das Zielvolumen sowie die zu applizierende Dosisverteilung und ein entsprechendes Programm berechnet hieraus oft auch unter Berücksichtigung eines CT-Datensatzes den Bestrahlungsplan. Der Bestrahlungsplan beinhaltet bspw. für eine IMRT-Bestrahlung die Winkel, unter denen der Patient bestrahlt wird, sowie die bei einem bestimmten Winkel zu applizierende Dosis nebst evtl. Kollimatoreinstellungen etc. Im Anschluss an die MRT- und CT-Untersuchung und nach Fertigstellung des Bestrahlungsplans wird der Patient in den Bestrahlungsraum gebracht und dort unter Verwendung des Bestrahlungsplans bestrahlt.

[0003] Hierbei tritt das Problem auf, dass beispielsweise aufgrund von Organbewegungen während des Transports des Patienten zum Bestrahlungsraum auch das Zielvolumen, das heißt der zu bestrahlende Tumor, eventuell seine Position im Körper ändert. Dieses Problem entsteht speziell dann, wenn der Patient selbst zu Fuß oder bspw. in einem Rollstuhl zum Bestrahlungsraum gelangt.

[0004] Auch ist nicht auszuschließen, dass aufgrund von Atembewegungen oder anderen Bewegungen des Patienten während der Bestrahlung die momentane, tatsächliche Position des Zielvolumens nicht mehr mit der Position des Zielvolumens während der Bestrahlungsplanung zugrunde liegenden MRT- und CT-Untersuchung übereinstimmt.

[0005] Zusätzlich treten schon bei der Umpositionierung des Patienten von bildgebender Untersuchung zu Bestrahlung und von Bestrahlung zu Bestrahlung Varianzen auf.

[0006] Um diesen Problemen zu begegnen, werden im Bestrahlungssystem bspw. Röntgensysteme integriert, mit denen die Position des Patienten beziehungsweise des Zielvolumens vor der Bestrahlung und evtl. zwischen zwei Fraktionen der Bestrahlung überprüft wird. Systembedingt liefern Röntgensysteme jedoch nur einen ungenügenden Weichteilkontrast, so dass eine präzise Lokalisierung des Zielvolumens nur schwer möglich ist. Eine Korrektur des Bestrahlungsplans basierend auf diesen Daten des Röntgensystems ist daher mangels ausreichender

Präzision nur bedingt möglich (z. B. durch Markierungssysteme verschiedenster Art).

[0007] Alternativ wurden kombinierte Systeme bestehend aus einem CT und einem Bestrahlungssystem vorgeschlagen. Auch beim CT ergibt sich bekanntermaßen systembedingt das Problem des mangelnden Weichteilkontrasts, so dass auch dieses kombinierte System nur bedingt geeignet ist, Daten für eine notwendige Korrektur eines Bestrahlungsplans mit ausreichender Genauigkeit zu liefern.

[0008] Es ist demnach weder basierend auf den Daten eines Röntgensystems noch auf den Daten eines CT-Systems möglich, eine eventuell notwendige genaue Korrektur eines Bestrahlungsplans auszuführen.

[0009] Eine ausreichende Genauigkeit kann derzeit lediglich mit Hilfe der Bilddaten eines MRT-Systems erreicht werden, da dieses bekanntermaßen einen sehr hohen Weichteilkontrast bietet, so dass die Position des Zielvolumens sehr präzise bestimmt werden kann. Nachteilig am MRT-System ist, wie bereits erwähnt, dass der Patient nach der Untersuchung im MRT in den Bestrahlungsraum gebracht werden muss, wobei jedoch die ebenfalls oben erwähnten Verschiebungen des Zielvolumens auftreten können.

[0010] Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems besteht darin, den Patienten schon vor der Untersuchung im CT und im MRT zu immobilisieren, wodurch weitestgehend sichergestellt wird, dass zumindest der Patient selbst seine Position und Lage bspw. bezüglich der Unterlage, auf der der Patient immobilisiert ist und die als Referenzkoordinatensystem dienen kann, nicht ändert. Damit ist auch die Wahrscheinlichkeit groß, dass das Zielvolumen seine Position nicht wesentlich ändern kann. Diese Methode ist jedoch äußerst aufwändig und erfordert komplexe infrastrukturelle Maßnahmen sowie ein geschultes Personal. Darüber hinaus ist es auch hier nicht möglich, eine Anpassung des Bestrahlungsplans bei einer Bewegung des Patienten in Echtzeit durchzuführen.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Möglichkeit zur bildgestützten Bestrahlung eines Patienten anzugeben, bei der es nicht nötig ist, den Patienten zu repositionieren. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Methode zur Erstellung oder Anpassung eines Bestrahlungsplans anzugeben.

[0012] Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen der Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen formuliert.

[0013] Der erfindungsgemäße Magnetresonanztomograph mit einem bestimmten Raumbereich, in

dem ein mit dem Magnetresonanztomographen abzubildendes Objekt positionierbar ist, ist ausgebildet, um von einem in dem bestimmten Raumbereich des Magnetresonanztomographen positionierten Objekt einen Datensatz zu erzeugen, anhand dessen ein Bild des Objekts, insbesondere ein Schnittbild des Objekts, berechenbar ist. Der Magnetresonanztomograph weist zusätzlich ein Bestrahlungssystem auf, wobei das Bestrahlungssystem zumindest zwei separate Bestrahlungseinheiten umfasst, die um den vorgegebenen Raumbereich herum verteilt angeordnet und derart ausgerichtet sind, dass zumindest in dem bestimmten Raumbereich eine vorgebbare Strahlendosisverteilung erzeugbar ist.

[0014] Dem Magnetresonanztomographen ist eine erste Recheneinheit zugeordnet, die ausgebildet ist, um anhand des vom Magnetresonanztomographen erzeugbaren Datensatzes das Bild zu berechnen.

[0015] Dem Bestrahlungssystem ist eine zweite Recheneinheit zugeordnet, die ausgebildet ist, um die Bestrahlungseinheiten entsprechend einem Bestrahlungsplan anzusteuern, um die vorgebbare Strahlendosisverteilung zu erzeugen.

[0016] Weiterhin ist eine dritte Recheneinheit vorgesehen, die ausgebildet ist, um den Bestrahlungsplan zu berechnen oder einen bestehenden Bestrahlungsplan zu modifizieren und/oder der zweiten Recheneinheit zur Verfügung zu stellen.

[0017] Diese dritte Recheneinheit ist ausgebildet, um basierend auf dem vom Magnetresonanztomographen erzeugten Datensatz in Echtzeit, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes mit dem Magnetresonanztomographen und basierend auf dem während der Untersuchung erzeugten Datensatz oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes, einen neuen Bestrahlungsplan zu berechnen und/oder einen bestehenden Bestrahlungsplan zu modifizieren.

[0018] Die Bestrahlungseinheiten sind insbesondere fest installiert und unbeweglich. Sie sind gleichmäßig auf einem Kreisumfang verteilt, wobei der Kreismittelpunkt in dem bestimmten Raumbereich, insbesondere im Zentrum des bestimmten Raumbereichs, liegt.

[0019] Bei einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren für die erfindungsgemäße Kombination aus Bestrahlungssystem und Magnetresonanztomographen wird die vorgebbare Strahlendosisverteilung von einem Bestrahlungsplan vorgegeben, wobei das Bestrahlungssystem im Magnetresonanztomographen, insbesondere die zumindest zwei Bestrahlungseinheiten, basierend auf dem Bestrahlungsplan angesteuert wird, so dass die vorgebbare Strahlendosisverteilung erzeugt wird, wobei

– anhand des vom Magnetresonanztomographen erzeugten Datensatzes ein neuer Bestrahlungsplan berechnet werden kann und
– das Bestrahlungssystem, insbesondere die zumindest zwei Bestrahlungseinheiten, basierend auf dem neu berechneten Bestrahlungsplan angesteuert wird.

[0020] Der neue Bestrahlungsplan kann auf einem bestehenden Bestrahlungsplan basieren, wobei zur Berechnung des neuen Bestrahlungsplans der bestehende Bestrahlungsplan anhand des vom Magnetresonanztomographen erzeugten Datensatzes angepasst wird.

[0021] Die Berechnung des neuen Bestrahlungsplans kann in Echtzeit erfolgen, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes mit dem Magnetresonanztomographen und basierend auf dem während der Untersuchung erzeugten Datensatz oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes.

[0022] Die Untersuchung mit dem Magnetresonanztomographen zur Erzeugung des Datensatzes und die Bestrahlung mit dem Bestrahlungssystem können insbesondere gleichzeitig erfolgen.

[0023] Alternativ erfolgt eine Untersuchung mit dem Magnetresonanztomographen zur Erzeugung des Datensatzes zwischen zwei Fraktionen der Bestrahlung mit dem Bestrahlungssystem.

[0024] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Erstellung oder Anpassung eines Bestrahlungsplans unter Verwendung des erfindungsgemäßen Magnetresonanztomographen wird der Bestrahlungsplan basierend auf dem vom Magnetresonanztomographen erzeugten Datensatz, insbesondere basierend auf dem zumindest einen erzeugten Bild, berechnet.

[0025] Der Bestrahlungsplan wird dabei in Echtzeit erstellt oder angepasst, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes mit dem Magnetresonanztomographen oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes.

[0026] Einer der Vorteile der Erfindung liegt darin, dass aufgrund der Verwendung der MRT-Bildgebung während und/oder unmittelbar bevor der Strahlentherapiebehandlung ohne die Notwendigkeit, den Patienten zwischen dem MRT und dem Bestrahlungssystem bewegen zu müssen, die Möglichkeit einer hochpräzisen bildgestützten Strahlentherapie sowohl in Echtzeit als auch in Nicht-Echtzeit gegeben ist. Darüber hinaus ist es möglich, den Bestrahlungsplan in Echtzeit zu modifizieren beziehungsweise beispielsweise an die Patientenbewegung aufgrund der Atmung anzupassen, weil MRT einen sehr guten Weichteilkontrast liefert und Bewegungen des Zielvo-

lumen daher schnell und zuverlässig erkannt werden können.

[0027] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung der Ausführungsbeispiele.

[0028] Die [Fig. 1](#) zeigt in schematisierter und vereinfachter Darstellung einen Magnetresonanztomographen **100**, in dessen Bohrung ein Patient **10** positioniert ist. Die einzelnen Komponenten des MRT, beispielsweise die Gradientenspulen und der supraleitende Magnet, sind hier nicht dargestellt. Im MRT **100** ist erfindungsgemäß ein Bestrahlungssystem **200** mit in diesem Fall drei Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** angebracht. Die einzelnen Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** weisen jeweils einen Linearbeschleuniger zur Erzeugung von Röntgenstrahlung auf, mit der der Patient **10** bestrahlt wird. Die Linearbeschleuniger erzeugen jeweils bspw. durch das Auftreffen eines hochbeschleunigten Elektronenstrahls auf eine Targetanode harte Röntgenstrahlung. Der beim Auftreffen des Elektronenstrahls entstehende Röntgenstrahlenfächer kann zusätzlich in einem Kollimator auf das Zielvolumen beschränkt werden.

[0029] Die Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** sind um den Patienten herum angeordnet und fest und unbeweglich mit dem MRT **100** verbunden. Dies unterscheidet das Bestrahlungssystem **200** bspw. von einem handelsüblichen Bestrahlungssystem mit rotierbarer Gantry, bei dem der Strahlkopf beweglich ist und um den Patienten herum rotiert werden kann.

[0030] Die Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** sind außerdem derart platziert und ausgerichtet, dass das mit den Bestrahlungseinheiten behandelbare Zielvolumen, beispielsweise ein Tumor, im Field of View (FoV) des MRT **100** liegt. Insbesondere sind die Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** gleichmäßig auf einem Kreisumfang verteilt, wobei der Kreismittelpunkt im Zentrum des Field of View des MRT **100** liegt.

[0031] Damit ist sichergestellt, dass für den Fall, dass der Tumor in den mit dem MRT **100** erzeugten Bildern sichtbar ist, mit dem Bestrahlungssystem **200** vollständig bestrahlbar ist.

[0032] Weiterhin ist ein Steuerrechner **300** vorgesehen, der eine erste **310**, eine zweite **320** sowie eine dritte Recheneinheit **330** aufweist. Die Signalverlaufswegen zwischen den einzelnen Recheneinheiten und anderen Komponenten des Systems sind mit Hilfe von Pfeilen dargestellt. Alternativ können für jede Recheneinheit oder für Kombinationen der Recheneinheiten separate Steuerrechner verwendet werden.

[0033] Die erste Recheneinheit **310** dient dazu, die mit dem MRT aufgenommenen Datensätze in ent-

sprechende Bilddaten umzurechnen. Typischerweise wird hierbei die schnelle Fourier-Transformation (FFT) verwendet.

[0034] Die zweite Recheneinheit **320** ist dem Bestrahlungssystem **200** zugeordnet. Die zweite Recheneinheit **320** stellt die Steuereinheit für die Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** des Bestrahlungssystems **200** dar und ist ausgebildet, die einzelnen Bestrahlungseinheiten entsprechend einem Bestrahlungsplan anzusteuern, um die vorgebbare Strahlendosisverteilung zur Bestrahlung des Tumors bzw. des Zielvolumens zu erzeugen.

[0035] Der Bestrahlungsplan wird in der dritten Recheneinheit **330** berechnet, wobei wie einleitend erläutert Bilddaten eines CT und/oder eines MRT verwendet werden. Der in der dritten Recheneinheit **330** berechnete Bestrahlungsplan wird an die zweite Recheneinheit **320** übertragen, wo der Bestrahlungsplan schließlich umgesetzt wird, um die Strahlendosisverteilung zu erzeugen. Dabei kann der Bestrahlungsplan bspw. Informationen darüber enthalten, welche Dosis mit der jeweiligen Bestrahlungseinheit **210**, **220**, **230** appliziert werden soll, d. h. mit welcher Intensität und/oder wie lange bestrahlt werden soll. Weiterhin können Steuerbefehle für einen evtl. in der jeweiligen Bestrahlungseinheit **210**, **220**, **230** integrierten Kollimator (nicht dargestellt) zur Strahlformung enthalten sein.

[0036] Die Bilddaten des MRT **100** werden der dritten Recheneinheit **330** von der ersten Recheneinheit **310** zugespielt. Das erfindungsgemäße bildgebende System **100** mit integriertem Bestrahlungssystem **200** bietet demnach den Vorteil, dass der Patient nach Aufnahme des MRT-Datensatzes nicht mehr zum Ort der Bestrahlung transportiert werden muss. Die oben genannte Problematik der eventuellen Verschiebung des Zielvolumens entfällt somit. Natürlich ist es weiterhin möglich, der dritten Recheneinheit **330** zur Berechnung eines Bestrahlungsplans auch Datensätze von externen Tomographen zuzuführen. Speziell die CT-Bilddaten müssen von einem externen CT zugeführt werden.

[0037] Zusammengefasst werden also mit der ersten Recheneinheit **310** aus einem vom MRT **100** erzeugten Datensatz Bilddaten erzeugt, die der dritten Recheneinheit **330** zugeführt werden, wo basierend auf den Bilddaten ein Bestrahlungsplan berechnet wird. Der Bestrahlungsplan wird an die zweite Recheneinheit **320** übertragen, mit der das Bestrahlungssystem **200** bzw. die Bestrahlungseinheiten **210**, **220**, **230** des Bestrahlungssystems **200** angesteuert werden.

[0038] Mit modernen MRT-Systemen ist es möglich, aus einem soeben aufgenommenen Datensatz in Echtzeit Bilddaten zu erzeugen. Es muss somit

nicht mehr wie bei älteren Systemen notwendig abgewartet werden, bis eine vollständige Messung abgelaufen ist, um den Bilddatensatz anzuzeigen und auszuwerten. Dies ausnutzend können die in der ersten Recheneinheit **310** in Echtzeit erzeugten Bilder dazu verwendet werden, die aktuelle Position des Zielvolumens zu überwachen und gegebenenfalls ebenfalls in Echtzeit den Bestrahlungsplan zu modifizieren, beispielsweise für den Fall, dass aufgrund der Atembewegung des Patienten das Zielvolumen bzw. der Tumor seine Position ändert. Diese Möglichkeit ist, wie einleitend erwähnt, derzeit nur mit einem MRT-System aufgrund des hohen Weichteilkontrastes möglich.

[0039] Das erfindungsgemäße MRT **100** mit integriertem Bestrahlungssystem **200** bietet somit zum einen den Vorteil, dass der Patient nach einer bildgebenden Untersuchung nicht mehr zum Bestrahlungssystem transportiert werden muss. Anhand der mit dem MRT erzeugten Bilddaten kann der Bestrahlungsplan erstellt und unmittelbar an das Bestrahlungssystem weitergeleitet werden, um die entsprechende Bestrahlung zu applizieren, ohne den Patienten bewegen zu müssen. Zum anderen bietet das erfindungsgemäße System den Vorteil, dass ein bereits bestehender Bestrahlungsplan während der Applikation desselben dahingehend angepasst werden kann, dass bei Verschiebungen des Zielvolumens, die in Echtzeit detektiert werden können, eine Neuberechnung des Bestrahlungsplans basierend auf den soeben aufgenommenen Bilddaten ebenfalls in Echtzeit erfolgen kann.

[0040] Die Untersuchung des Patienten **10** mit dem MRT **100** kann gleichzeitig mit der Bestrahlung des Patienten erfolgen. Alternativ ist es natürlich denkbar, die MRT-Untersuchung in evtl. Fraktionspausen zwischen zwei Einzelbestrahlungen auszuführen. Letzteres setzt natürlich voraus, dass die Gesamtbestrahlung des Patienten in mehrere Fraktionen unterteilt ist.

[0041] Der Begriff "Recheneinheit" soll in der vorliegenden Erfindung in zweierlei Weise interpretierbar sein und dementsprechend zwei Ausführungsformen umfassen: Zum Einen können die erste, die zweite und die dritte Recheneinheit bspw. separate, physikalisch getrennte Computer oder CPUs sein, auf denen jeweils das der jeweiligen Recheneinheit zugeordnete Programm implementiert ist. Zum Anderen ist es insbesondere im Hinblick auf steigende Rechenleistung vorstellbar, dass zukünftig sämtliche oder zumindest mehrere der für die hier beschriebene Anwendung notwendigen Rechenoperationen von einem einzelnen Computer ausgeführt werden können. Dementsprechend müssen die einzelnen Recheneinheiten **310**, **320**, **330** nicht streng und notwendig als getrennte physikalische Einheiten verstanden werden, sondern können auch als Programmkompo-

nenten eines übergeordneten Programms interpretiert werden, das von einem einzigen Computer ausgeführt wird und das die oben beschriebenen Funktionalitäten der ersten, zweiten und dritten Recheneinheit aufweist. In diesem Sinne wäre also die erste Recheneinheit **310** so zu verstehen, dass sie die Programmkomponente des übergeordneten Programms darstellt, mit der die mit dem MRT aufgenommenen Datensätze in entsprechende Bilddaten umgerechnet werden.

[0042] Bspw. der Begriff "erste Recheneinheit" umfasst also in der ersten Interpretation der vorliegenden Erfindung eine physikalische Rechenvorrichtung, bspw. einen Computer bzw. eine CPU, die ausgebildet ist, um die mit dem MRT aufgenommenen Datensätze in entsprechende Bilddaten umzurechnen. In der zweiten Interpretation der vorliegenden Erfindung bezieht sich dieser Begriff auf die Programmkomponente, die diese Funktion ausführt und die auf einem gemeinsamen Computer abläuft, auf dem auch die zweite und die dritte Recheneinheit in der entsprechenden Interpretation der Erfindung implementiert sind.

[0043] Natürlich müssen nicht unbedingt alle drei Recheneinheiten **310**, **320**, **330** bzw. die entsprechenden Programmkomponenten auf einem Computer ablaufen. Je nach Systemarchitektur können auch bspw. nur zwei der drei Komponenten auf dem gemeinsamen Computer abgearbeitet werden, während die übrige Komponente auf einem separaten Computer abläuft.

Patentansprüche

1. Magnetresonanztomograph (**100**) mit einem bestimmten Raumbereich (FoV), in dem ein mit dem Magnetresonanztomographen (**100**) abzubildendes Objekt (**10**) positionierbar ist, wobei der Magnetresonanztomograph (**100**) ausgebildet ist, um von einem in dem bestimmten Raumbereich (FoV) des Systems (**100**) positionierten Objekt (**10**) einen Datensatz zu erzeugen, anhand dessen ein Bild des Objekts (**10**), insbesondere ein Schnittbild des Objekts, berechenbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Magnetresonanztomograph (**100**) zusätzlich ein Bestrahlungssystem (**200**) aufweist, wobei das Bestrahlungssystem (**200**) zumindest zwei separate Bestrahlungseinheiten (**210**, **220**, **230**) umfasst, die um den vorgegebenen Raumbereich (FoV) herum verteilt angeordnet und derart ausgerichtet sind, dass zumindest in dem bestimmten Raumbereich (FoV) eine vorgebbare Strahlendosisverteilung erzeugbar ist.

2. Magnetresonanztomograph nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Magnetresonanztomographen (**100**) eine erste Recheneinheit (**310**) zugeordnet ist, die ausgebildet ist, um an-

hand des vom Magnetresonanztomographen (100) erzeugbaren Datensatzes das Bild zu berechnen.

3. Magnetresonanztomograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Bestrahlungssystem (200) eine zweite Recheneinheit (320) zugeordnet ist, die ausgebildet ist, um die Bestrahlungseinheiten (210, 220, 230) entsprechend einem Bestrahlungsplan anzusteuern, um die vorgebbare Strahlendosisverteilung zu erzeugen.

4. Magnetresonanztomograph nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Recheneinheit (330) vorgesehen ist, die ausgebildet ist, um den Bestrahlungsplan zu berechnen oder einen bestehenden Bestrahlungsplan zu modifizieren und/oder der zweiten Recheneinheit (320) zur Verfügung zu stellen.

5. Magnetresonanztomograph nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Recheneinheit (330) ausgebildet ist, um basierend auf dem vom Magnetresonanztomographen (100) erzeugten Datensatz in Echtzeit, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes (10) mit dem Magnetresonanztomographen (100) und basierend auf dem während der Untersuchung erzeugten Datensatz oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes, einen neuen Bestrahlungsplan zu berechnen und/oder einen bestehenden Bestrahlungsplan zu modifizieren.

6. Magnetresonanztomograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlungseinheiten (210, 220, 230) fest installiert und unbeweglich sind.

7. Magnetresonanztomograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlungseinheiten (210, 220, 230) gleichmäßig auf einem Kreisumfang verteilt sind, wobei der Kreismittelpunkt in dem bestimmten Raumbereich (FoV), insbesondere im Zentrum des bestimmten Raumbereichs, liegt.

8. Betriebsverfahren für einen Magnetresonanztomographen (100) nach Anspruch 1, bei dem die vorgebbare Strahlendosisverteilung von einem Bestrahlungsplan vorgegeben wird, wobei das Bestrahlungssystem (200) des Magnetresonanztomographen (100), insbesondere die zumindest zwei Bestrahlungseinheiten (210, 220, 230), basierend auf dem Bestrahlungsplan angesteuert wird, so dass die vorgebbare Strahlendosisverteilung erzeugt wird, wobei

- anhand des vom Magnetresonanztomographen (100) erzeugten Datensatzes ein neuer Bestrahlungsplan berechnet wird und
- das Bestrahlungssystem (200), insbesondere die zumindest zwei Bestrahlungseinheiten (210, 220,

230), basierend auf dem neu berechneten Bestrahlungsplan angesteuert wird.

9. Betriebsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der neue Bestrahlungsplan auf einem bestehenden Bestrahlungsplan basiert, wobei zur Berechnung des neuen Bestrahlungsplans der bestehende Bestrahlungsplan anhand des vom Magnetresonanztomographen (100) erzeugten Datensatzes angepasst wird.

10. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnung des neuen Bestrahlungsplans in Echtzeit erfolgt, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes (10) mit dem Magnetresonanztomographen (100) und basierend auf dem während der Untersuchung erzeugten Datensatz oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes.

11. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Untersuchung mit dem Magnetresonanztomographen (100) zur Erzeugung des Datensatzes und die Bestrahlung mit dem Bestrahlungssystem (200) gleichzeitig erfolgen.

12. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Untersuchung mit dem Magnetresonanztomographen (100) zur Erzeugung des Datensatzes zwischen zwei Fraktionen der Bestrahlung mit dem Bestrahlungssystem (200) erfolgt.

13. Verfahren zur Erstellung oder Anpassung eines Bestrahlungsplans unter Verwendung eines Magnetresonanztomographen (100) nach Anspruch 1, bei dem der Bestrahlungsplan basierend auf dem vom Magnetresonanztomographen (100) erzeugten Datensatz, insbesondere basierend auf dem zumindest einen erzeugten Bild, berechnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Bestrahlungsplan in Echtzeit erstellt oder angepasst wird, insbesondere während einer Untersuchung des Objektes (10) mit dem Magnetresonanztomographen (100) oder weitestgehend unmittelbar nach der Erzeugung des Datensatzes.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

