



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 028 510 B3** 2009.12.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 028 510.2**
 (22) Anmeldetag: **16.06.2008**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **A61N 5/10** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

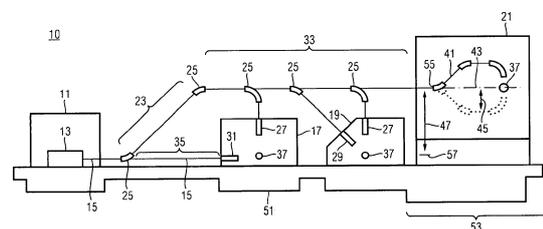
(72) Erfinder:
Gunzert-Marx, Konstanze, Dr., 91054 Erlangen, DE; Hansmann, Thomas, Dr., 69117 Heidelberg, DE; Kaiser, Werner, 91052 Erlangen, DE; Müller, Tobias, 91058 Erlangen, DE

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

US	69 53 943	B2
US	51 61 546	A
DE	10 2007 032025	A1
US	58 18 058	A

(54) Bezeichnung: **Partikeltherapieanlage, Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage sowie Verfahren zur Nachrüstung einer Partikeltherapieanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Partikeltherapieanlage mit einer Beschleunigereinheit zum Bereitstellen eines Partikelstrahls und mit einem Partikelstrahl-Transportsystem zur Führung des Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem einen ersten Teilbereich aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau der Beschleunigereinheit heraus führbar ist, wobei ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum an den ersten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen ist. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Partikeltherapieanlage, mit einem Fundament, wobei das Fundament an einer Stelle derart dimensioniert ist, dass ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum auf dieser Stelle nachrüstbar ist. Insbesondere befindet sich das Fundament an dieser Stelle im Wesentlichen auf gleicher Höhe wie das Fundament unterhalb einer Beschleunigereinheit und/oder unterhalb eines Partikelstrahl-Transportsystems. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage bzw. zur Nachrüstung einer solchen, bei dem ein Bestrahlungsraum an den ersten Teilbereich des Transportsystems angeschlossen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Partikeltherapieanlage, ein Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage sowie ein Verfahren zum Nachrüsten einer Partikeltherapieanlage. Partikeltherapieanlagen werden insbesondere zur Behandlung von Tumorerkrankungen eingesetzt.

[0002] Die Partikeltherapie ist ein etabliertes Verfahren zur Behandlung von Gewebe, insbesondere von Tumorerkrankungen. Bestrahlungsverfahren, wie sie in der Partikeltherapie eingesetzt werden, finden jedoch auch in nicht-therapeutischen Gebieten Anwendung. Hierzu gehören beispielsweise Forschungsarbeiten im Rahmen der Partikeltherapie, die an nicht-lebenden Phantomen oder Körpern durchgeführt werden, Bestrahlungen von Materialien, etc. Hierbei werden geladene Partikel wie z. B. Protonen oder Kohlenstoffionen oder andere Ionensorten auf hohe Energien beschleunigt, zu einem Partikelstrahl geformt und über ein Hochenergiestrahlsystem zu einem oder mehreren Bestrahlungsräumen geführt. In einem dieser Bestrahlungsräume wird das zu bestrahlende Objekt mit dem Partikelstrahl bestrahlt.

[0003] Bestrahlungsräume können als Bestrahlungsräume mit festem Strahlauslass oder als Bestrahlungsräume mit einer Gantry ausgebildet sein. Bei Bestrahlungsräumen mit festem Strahlauslass wird der Partikelstrahl durch das Partikelstrahl-Transportsystem in räumlich feststehender Weise in einen Bestrahlungsraum geführt. Dabei ist es auch möglich, dass ein derartiger Bestrahlungsraum mehrere feststehende Strahlauslässe aufweist, und dass der Partikelstrahl wahlweise über einen dieser Strahlauslässe in den Bestrahlungsraum geführt wird. Derartige Bestrahlungsräume sind beispielsweise aus der Schrift Mizota et al., "The High-Energy Beam-Transport System for HIMAC", Mitsubishi Electric Advance, Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, Bd. 62, 1995, S. 2-4, bekannt.

[0004] Gantry-basierte Bestrahlungsräume bieten die Möglichkeit, den Partikelstrahl aus verschiedenen, einstellbaren Winkeln in den Bestrahlungsraum zu führen. Hierzu ist üblicherweise das Partikelstrahl-Transportsystem im letzten Abschnitt vor dem Strahlauslass so ausgebildet, dass dieser letzte Abschnitt mithilfe einer Gantry rotierbar ist. Durch Rotation der Gantry kann der Winkel des Strahlauslasses eingestellt werden. Grundsätzlich bieten Gantry-basierte Bestrahlungsräume eine größere Freiheit bei der Bestrahlung.

[0005] Insbesondere, wenn in einer Partikeltherapieanlage nicht nur Protonen, sondern auch schwerere Ionen beschleunigt werden, stellt die Konstruktion einer Gantry eine bedeutende Herausforderung

dar. Die erhöhte Steifigkeit des Partikelstrahls erfordert nämlich höhere Magnetfelder, was zu einem erheblichen Gewicht der in der Gantry eingesetzten Magnete und zu einem großen Durchmesser der Gantry führt. Der vergleichsweise große Aufwand, den ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum mit sich bringt, erschwert die Planung und den Bau einer Partikeltherapieanlage.

[0006] Weiterhin bekannt ist das Konzept, eine Gantry mit supraleitenden Magneten auszustatten, was zu einer Reduktion des Gewichts und der Größe der Gantry führen würde. Derartige Lösungen sind jedoch bislang noch nicht in die Praxis umgesetzt. Genaue Spezifikationen einer derartigen Gantry sind nicht bekannt. Eine Umsetzung dieser Lösung birgt zudem stets das Risiko, das unerwartete Probleme auftreten und bewältigt werden müssen.

[0007] Die US 6,894,300 B2 offenbart das Konzept, eine Partikeltherapieanlage um ein zweites Ionensystem zu erweitern.

[0008] Die US 6,953,943 B2 offenbart eine Partikeltherapieanlage mit einer Gantry, welche bei Drehung die Höhe der Bestrahlungskammer verändert.

[0009] Die US 5,161,546 A offenbart ein System für Elektronenstrahlentherapie mit mehreren Elektronengantries, welche über ein Elektronenstrahl-Transportsystem mit einem Elektronenstrahl versorgt werden.

[0010] Die DE 10 2007 032 025 A1 sowie die US 5,818,058 A offenbaren jeweils Partikeltherapieanlagen mit einem rotierbar an der Gantry angeordneten Partikelstrahlgenerator.

[0011] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Partikeltherapieanlage und ein Verfahren zum Bau einer solchen bereitzustellen, welche eine einfache Planung und einen einfachen Bau ermöglichen, insbesondere wenn die Anlage einen Gantry-basierten Bestrahlungsraum umfassen soll. Weiterhin ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Nachrüstung einer Partikeltherapieanlage bereitzustellen, das die Nachrüstung auf einfache Weise ermöglicht.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch eine Partikeltherapieanlage nach Anspruch 1 sowie nach Anspruch 6, durch ein Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage nach Anspruch 8 sowie ein Verfahren zum Nachrüsten einer Partikeltherapieanlage nach Anspruch 9.

[0013] Die erfindungsgemäße Partikeltherapieanlage umfasst

- eine Beschleunigereinheit zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls,

– ein Partikelstrahl-Transportsystem zur Führung des von der Beschleunigereinheit bereitgestellten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem einen ersten Teilbereich aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit befindet,

wobei ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum an den ersten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen ist.

[0014] Der Erfindung liegt die Überlegung zu Grunde, dass der Anschluss eines Gantry-basierten Bestrahlungsraums auf gleicher Höhe an die Beschleunigereinheit mitunter problematisch sein kann. Ein derartiger Anschluss bedeutet, dass die Drehachse der Gantry im Wesentlichen auf gleicher Höhe mit der Beschleunigereinheit liegt. Wenn die Beschleunigereinheit z. B.

[0015] ein Synchrotron oder Zyklotron ist, ist diese Höhe durch die Ebene des Synchrotronrings bzw. des Zyklotron definiert. Ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum mit einer Drehachse, die auf dieser Höhe liegt, bereitet das Problem, dass der Gantrybasierte Bestrahlungsraum aufgrund der ausladenden Gantry deutlich tiefer gesetzt werden muss als beispielsweise übrige Bestrahlungsräume oder Räume für den Beschleuniger. Dies bedeutet für ein Gebäudefundament, dass das Fundament zumindest an der Stelle des Gantry-basierten Bestrahlungsraums tiefer gesetzt werden muss. Dies ist vor allem dann problematisch, wenn der Gantry-basierte Bestrahlungsraum nachgerüstet werden soll. In diesem Fall müsste das Fundament im Nachhinein in größerer Tiefe kostspielig angebaut werden – was zudem aufgrund der Empfindlichkeit der Anlage zu Stillstandszeiten führen kann – oder von vornherein tief genug geplant und gebaut werden, um die Nachrüstung zu ermöglichen. Insbesondere letzteres ist bei nicht genau bekannter Spezifikation der Gantry nur mit großer Unsicherheit zu planen. Zu den Spezifikationen einer Gantry, die nicht notwendigerweise in allen Details bekannt sind, gehören z. B. die Baugröße, die Grundfläche und die Höhe des benötigten Raums und die Lage der Drehachse, also der Mittelachse der Gantry.

[0016] Doch auch ohne Nachrüstung ist der Aufwand für die Konstruktion des Gebäudes geringer, wenn das Fundament weniger tief gesetzt wird. Unter Fundament (oder auch Gründung genannt) wird hier z. B. die konstruktive und statische Ausbildung des Übergangs vom Bauwerk zum Boden verstanden, sodass dass die durch das Bauwerk und dessen Last verursachten Verformungen des Bodens kleiner sind als aus Sicht des Bauwerks zulässig. Gerade in der Partikeltherapie ist das Fundament aufgrund der hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Strahlführung von wesentlicher Bedeutung.

[0017] Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, den Gantry-basierten Bestrahlungsraum an einen Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems anzuschließen, welcher Teilbereich den Partikelstrahl aus dem Niveau herausführt, auf dem die Beschleunigereinheit angeordnet ist. Dabei wurde erkannt, dass diese Teilbereiche des Partikelstrahl-Transportsystems oftmals bereits vorhanden sind oder geplant werden, um einen Bestrahlungsraum mit mehreren feststehenden Strahlauslässen zu versorgen, z. B. mit einem horizontalen und einem vertikalen Strahlauslass. Für den vertikalen Strahlauslass kann das Partikelstrahl-Transportsystem von dem Beschleuniger zunächst nach oben geführt werden und anschließend wieder von oben vertikal nach unten in den vertikalen Strahlauslass.

[0018] Wenn der Gantry-basierte Bestrahlungsraum an einen derartigen Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen wird, ist es mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich, den Bestrahlungsraum an einer Höhe an das Partikelstrahl-Transportsystem anzuschließen, die oberhalb des Niveaus der Beschleunigereinheit liegt. Hierdurch wird die Achse der Gantry höher angeordnet als die Beschleunigereinheit, wodurch für den Gantry-basierten Bestrahlungsraum ein weniger tief gesetztes Fundament notwendig ist. Dies erlaubt oftmals sogar die Einbringung der nachzurüstenden Gantry-Komponenten ebenerdig mit dem Beschleunigerniveau, ohne tiefer gehende Erdarbeiten zur Freilegung etwa von Einbringöffnungen.

[0019] Insbesondere weist der Gantry-basierte Bestrahlungsraum einen Gantry-Radius auf, welcher gleich oder geringer ist als der Höhenunterschied zwischen dem Eintrittsort des Partikelstrahl-Transportsystems in die Gantry und dem Niveau, auf welchem sich die Beschleunigereinheit befindet. Eine derartige Wahl des Radius der Gantry ermöglicht es, den Gantry-basierten Bestrahlungsraum auf dem Fundament selbst dann anzuordnen, wenn das Fundament nicht tiefer ist, als es für die Beschleunigereinheit notwendig ist.

[0020] In einer Ausführungsform umfasst die Partikeltherapieanlage zumindest einen weiteren Bestrahlungsraum, der an einen zweiten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen ist, welcher zweite Teilbereich den Partikelstrahl im Wesentlichen auf dem Niveau transportiert, auf dem auch die Beschleunigereinheit angeordnet ist. Derartige Bestrahlungsräume sind üblicherweise Bestrahlungsräume mit einem feststehenden horizontalen Strahlauslass, die auf gleicher Ebene wie die Beschleunigereinheit angeordnet sind. In diesem Falle ist keine vertikale Ablenkung des Partikelstrahls durch das Partikelstrahl-Transportsystem notwendig.

[0021] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist der

erste Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems so gestaltet, dass dieser Teilbereich einen Abschnitt aufweist, mit dem der Partikelstrahl im Wesentlichen horizontal führbar ist. Auf diese Weise wird z. B. im ersten Teilbereich der Partikelstrahl zunächst aus der Ebene der Beschleunigereinheit herausgeführt, und anschließend, nachdem der Partikelstrahl auf eine gewisse Höhe geführt wurde, parallel zur Ebene der Beschleunigereinheit weitergeführt. Bevorzugterweise wird der Gantry-basierte Bestrahlungsraum an den horizontal geführten Abschnitt des ersten Teilbereichs angeschlossen.

[0022] In einer anderen Ausführung der erfindungsgemäßen Idee weist die erfindungsgemäße Partikeltherapieanlage eine Mehrzahl von Räumen auf, welche auf einem Fundament angeordnet sind. Das Fundament ist dabei an einer Stelle von vornherein derart dimensioniert, dass ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum auf dieser Stelle nachgerüstet werden kann. Dies bedeutet beispielsweise, dass das der Platz des Fundaments an dieser Stelle in horizontaler Richtung so groß ist, dass ein üblicher Gantry-basierter Bestrahlungsraum auf dem Fundament Platz hat. Dies bedeutet beispielsweise auch, dass die Stärke des Fundaments an dieser Stelle so gewählt wird, dass das Fundament an dieser Stelle einen üblichen Gantry-basierten Bestrahlungsraum trotz seines erhöhten Gewichts zu tragen vermag und dabei eine für die Bestrahlung notwendige Gebäudestabilität gewährleistet. Zu dem Zeitpunkt, zu dem der Gantry-basierte Bestrahlungsraum nachgerüstet wird, ist hiermit ein deutlich geringerer Aufwand zur Nachrüstung notwendig, das Fundament muss an dieser Stelle nicht eigens zur Nachrüstung verstärkt werden.

[0023] An dieser Stelle, an der eventuell später ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum nachgerüstet wird, kann bis zu dem Zeitpunkt der Nachrüstung beispielsweise ein Bestrahlungsraum mit feststehenden Strahlauslass angeordnet werden, so dass der Platz bis zur Nachrüstung optimal genutzt wird.

[0024] Das Fundament ist derart ausgebildet, dass es sich an dieser Stelle im Wesentlichen auf derselben Höhe befindet wie das Fundament, das sich unterhalb einer Beschleunigereinheit und/oder unterhalb eines Partikelstrahl-Transportsystems befindet. Dies ist baulich besonders einfach zu bewerkstelligen. Hiermit ist es in dieser Bauphase nicht notwendig, eine mögliche Höhe oder andere Spezifikationen der nachzurüstenden Gantry, die unter Umständen zu diesem Zeitpunkt noch nicht genau bekannt ist, detailliert zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung der Höhe eines Gantry-basierten Bestrahlungsraums erfolgt in einer späteren Phase, wenn die Gantry an einen Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen wird, das oberhalb der Beschleunigereinheit liegt. Eine Variation der Anschlusshöhe der Gantry nach oben ist dabei baulich

leichter zu bewerkstelligen als eine Versetzung des Fundaments nach unten.

[0025] In vorteilhafter Weise weist hierzu das Partikelstrahl-Transportsystem bereits von vornherein einen ersten Teilbereich auf, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau herausgeführt wird, auf dem die Beschleunigereinheit angeordnet ist.

[0026] Der Anschluss kann bei Nachrüstung dann bevorzugterweise an diesen ersten Teilbereich erfolgen.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage umfasst folgende Schritte:

- Bereitstellen einer Beschleunigereinheit zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls,
- Bereitstellen eines Partikelstrahl-Transportsystems zur Führung des von der Beschleunigereinheit bereitgestellten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem einen ersten Teilbereich aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau heraus führbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit befindet,

wobei ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum an den ersten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen wird.

[0028] Der Anschluss des Gantry-basierten Bestrahlungsraums erfolgt insbesondere auf einem Niveau, das oberhalb der Beschleunigereinheit liegt, wobei der Partikelstrahl in dem ersten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems insbesondere vertikal nach oben oder schräg vertikal nach oben geführt wird.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Nachrüsten einer Partikeltherapieanlage, welche Partikeltherapieanlage aufweist

- eine Beschleunigereinheit zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls, und
- ein Partikelstrahl-Transportsystem zur Führung des von der Beschleunigereinheit bereitgestellten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem einen ersten Teilbereich aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit befindet,

ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Bestrahlungsraum, insbesondere ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum, an den ersten Teilbereich des Partikelstrahl-Transportsystems angeschlossen wird.

[0030] Ausgestaltungen, wie sie bei der Partikeltherapieanlage erläutert wurden, können auch bei dem

Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage sowie bei dem Verfahren zur Nachrüstung einer Partikeltherapieanlage zum Einsatz kommen.

[0031] Ausführungsformen der Erfindung mit Weiterbildungen gemäß den Merkmalen der abhängigen Ansprüche werden anhand der folgenden Zeichnung näher erläutert, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein. Es zeigen:

[0032] [Fig. 1](#) eine schematische Seitenansicht einer Partikeltherapieanlage, welche zur einfachen Nachrüstung mit einem Gantry-basierten Bestrahlungsraum ausgelegt ist,

[0033] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht einer Partikeltherapieanlage, welche einen Gantry-basierten Bestrahlungsraum aufweist.

[0034] [Fig. 1](#) zeigt eine Partikeltherapieanlage **10** in einer schematischen Seitenansicht. In einem ersten Abschnitt **11** befindet sich die Beschleunigereinheit **13**, mit der geladene Partikel erzeugt, auf die zur Bestrahlung notwendige Energie beschleunigt werden und mit der ein Partikelstrahl geformt wird.

[0035] Nachdem der Partikelstrahl durch die Beschleunigereinheit **13** bereitgestellt worden ist, tritt der Partikelstrahl in das Partikelstrahl-Transportsystem **15** ein. Hierdurch wird der Partikelstrahl von der Beschleunigereinheit **13** zu Bestrahlungsräumen **17**, **19**, **19'** geführt. Eine etwa notwendige Umlenkung des Partikelstrahls wird durch eine geeignete Einstellung der verschiedenen Umlenkmagnete **25** im Partikelstrahl-Transportsystem bewerkstelligt.

[0036] Unmittelbar nach Eintritt des Partikelstrahls in das Partikelstrahl-Transportsystem **15** kann der Partikelstrahl bei entsprechender Einstellung der Umlenkmagnete **25** in einen ersten Teilbereich **23** des Partikelstrahl-Transportsystems **15** geführt werden, wodurch der Partikelstrahl aus dem Niveau der Beschleunigereinheit **13** heraus schräg nach oben geführt wird. Nachdem der Partikelstrahl auf eine gewisse Höhe geführt worden ist, z. B. auf eine Höhe von über 6 bis üblicherweise 10 m, wird der Partikelstrahl in einem Abschnitt **33** des ersten Teilbereichs **23** wieder horizontal geführt. Aus diesem Abschnitt **33** heraus kann der Partikelstrahl so umgelenkt werden, dass er beispielsweise in den ersten Bestrahlungsraum **17** über einen vertikalen Strahlauslass **27** vertikal nach unten auf ein Zielobjekt **37** gerichtet werden kann. Dies ist ebenso bei dem zweiten Bestrahlungsraum **19** und bei dem dritten Bestrahlungsraum **19'** möglich. Bei dem zweiten und dritten Bestrahlungsraum **19**, **19'** ist es alternativ möglich, den Partikelstrahl über einen schrägen Strahlauslass **29** auf das Zielobjekt **37** zu richten.

[0037] Wenn gewünscht, kann der Partikelstrahl im

Partikelstrahl-Transportsystem **15** nicht in den ersten Teilbereich **23** geführt werden. In diesem Fall verläuft der Partikelstrahl ohne vertikale Ablenkung auf Ebene der Beschleunigereinheit **13** in einem zweiten Teilbereich **35** weiter und kann über einen horizontalen Strahlauslass **31** im ersten Bestrahlungsraum **17** auf das zu bestrahlende Zielobjekt **37** gerichtet werden.

[0038] Je nach Ausgestaltung des Partikelstrahl-Transportsystems **15** kann das Partikelstrahl-Transportsystem **15** auch so geführt werden, dass der zweite Bestrahlungsraum **19** und/oder der dritte Bestrahlungsraum **19'** über einen horizontalen Strahlauslass **31** verfügen. Der Übersichtlichkeit halber ist eine derartige Strahlführung nicht dargestellt.

[0039] In [Fig. 1](#) schematisch dargestellt ist zudem das Gebäudefundament **51**, auf dem die Räume der Partikeltherapieanlage **10** errichtet sind. Das Gebäudefundament **51** ist dabei so dimensioniert und ausgebildet, dass die Last der Partikeltherapieanlage **10** nicht zu einer kritischen Verformung führt, die den Betrieb der Partikeltherapieanlage **10** stören würde.

[0040] Unter dem dritten Bestrahlungsraum **19'** ist das Gebäudefundament **51** deutlich größer dimensioniert, sowohl in Stärke des Gebäudefundament als auch in horizontaler Ausdehnung, als es für den Bestrahlungsraum **19'** notwendig wäre.

[0041] Dies hat den Vorteil, dass an dieser Stelle **53** ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum nachgerüstet werden kann, ohne größere, wesentliche Umbaumaßnahmen am Fundament **51** selbst vorzunehmen. Zur Nachrüstung wird der dritte Bestrahlungsraum **19'** entfernt.

[0042] [Fig. 2](#) zeigt schematisch die Partikeltherapieanlage **10**, bei der anstelle des dritten Bestrahlungsraums **19'** nun ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum **21** betrieben wird. Der Gantry-basierte Bestrahlungsraum **21** ist dabei so angeordnet, dass er an den ersten Teilbereich **23** des Partikelstrahl-Transportsystems **15** angeschlossen ist, genauer an den Abschnitt **33**, in welchem das Partikelstrahl-Transportsystem **15** wieder horizontal geführt wird.

[0043] Der Gantry-basierte Bestrahlungsraum **21** weist dabei ein Führungssystem für den Partikelstrahl auf, das um eine Achse **43** rotiert werden kann. Hierdurch kann der Bestrahlungswinkel des Partikelstrahls über einen weiten Winkelbereich eingestellt werden. Der Radius **45** der Gantry **41** ist dabei geringer als ein Höhenunterschied **47** zwischen dem Eintrittsort **55** des Partikelstrahl-Transportsystems **15** in die Gantry **41** und dem Niveau **57** der Beschleunigereinheit **13**, das heißt beispielsweise dem Niveau der Beschleunigereinheit **13** geführt und keine vertikale Ablenkung erfahren

würde. Eine derartige Dimensionierung des Gantry-Radius **45** erlaubt es, ohne zusätzliche Absenkung des Gebäudefundaments **51** unterhalb der Gantry den Gantry-basierten Bestrahlungsraum **21** zu installieren. Gegebenenfalls erfolgt eine Anpassung der Höhe der Gantry **41** an den ersten Teilbereich **23** des Partikelstrahl-Transportsystems über einen Sockel **49** oder eine andere, erhöhte Lagerung.

[0044] Insbesondere, wenn die Partikeltherapieanlage **10** zunächst ohne den Gantry-basierten Bestrahlungsraum **21** gebaut wird und der Gantry-basierte Bestrahlungsraum **21** nachgerüstet wird, ermöglicht dies ein vergleichsweise einfaches Nachrüsten, selbst wenn die genauen Spezifikationen, die für den Gantrybasierten Bestrahlungsraum **21** notwendig sind, zum Zeitpunkt des Baus der Partikeltherapieanlage **10** nicht in allen Details bekannt sind.

Patentansprüche

1. Partikeltherapieanlage, umfassend eine Beschleunigereinheit (**13**) zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls, ein Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) zur Führung des von der Beschleunigereinheit (**13**) bereitgestellten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) einen ersten Teilbereich (**23**) aufweist, mit welchem der Partikelstrahl aus einem Niveau (**57**) herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit (**13**) befindet, und welches in einen Bestrahlungsraum mit mehreren feststehenden Strahlauslässen führt, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum (**21**) an den ersten Teilbereich (**23**) des Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) derart angeschlossen ist, dass eine Drehachse der Gantry oberhalb des Niveaus der Beschleunigereinheit (**13**) liegt.

2. Partikeltherapieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gantry-basierte Bestrahlungsraum (**21**) einen Gantry-Radius (**45**) aufweist, welcher gleich groß oder geringer ist als der Höhenunterschied zwischen, dem Eintrittsort (**55**) des Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) in die Gantry (**41**) des Gantry-basierten Bestrahlungsraum (**21**) und dem Niveau (**57**), auf welchem sich die Beschleunigereinheit (**13**) befindet.

3. Partikeltherapieanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) einen zweiten Teilbereich (**35**) umfasst, mit dem der Partikelstrahl im Wesentlichen auf dem Niveau (**57**) der Beschleunigereinheit (**13**) führbar ist, und dass der Bestrahlungsraum (**17**) an den zweiten Teilbereich (**35**) angeschlossen ist.

4. Partikeltherapieanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilbereich (**23**) des Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) einen Abschnitt (**33**) aufweist, mit dem der Partikelstrahl im Wesentlichen horizontal führbar ist.

5. Partikeltherapieanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gantry-basierte Bestrahlungsraum (**21**) an den horizontal geführten Abschnitt (**33**) des ersten Teilbereichs (**53**) angeschlossen ist.

6. Partikeltherapieanlage, umfassend
– eine Beschleunigereinheit (**13**) zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls und
– ein Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) zur Führung des von der Beschleunigereinheit (**13**) bereitgestellten Partikelstrahls, und
– ein Fundament (**51**), auf welchem die Partikeltherapieanlage (**10**) angeordnet ist, wobei das Fundament (**51**) an einer Stelle (**53**) derart dimensioniert ist, dass ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum (**21**) auf dieser Stelle (**53**) nachrüstbar ist dadurch gekennzeichnet, dass das Fundament (**51**) an der Stelle (**53**), auf der der Gantry-basierte Bestrahlungsraum (**21**) nachrüstbar ist, sich auf gleicher Höhe befindet wie das Fundament (**51**), das sich unterhalb der Beschleunigereinheit (**13**) und/oder unterhalb des Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) befindet.

7. Partikeltherapieanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) einen ersten Teilbereich (**23**) aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit (**13**) befindet.

8. Verfahren zum Bau einer Partikeltherapieanlage (**10**), umfassend folgende Schritte:
– Bereitstellen einer Beschleunigereinheit (**13**) zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls,
– Bereitstellen eines Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) zur Führung des von der Beschleunigereinheit (**13**) beschleunigten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem (**15**) einen ersten Teilbereich (**53**) aufweist, mit dem der Partikelstrahl aus einem Niveau herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit (**13**) befindet,
– Bereitstellen eines Bestrahlungsraum mit mehreren feststehenden Strahlauslässen, in welchen der erste Teilbereich des Partikelstrahltransportsystems führt, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum (**21**) an den ersten Teilbereich (**23**) des Partikelstrahl-Transportsystems (**15**) derart angeschlossen wird, dass eine Drehachse der Gantry oberhalb des Niveaus der

Beschleunigereinheit (13) liegt.

9. Verfahren zum Nachrüsten einer Partikeltherapieanlage (10), welche umfasst:

- eine Beschleunigereinheit (13) zum Beschleunigen von Partikeln und zum Bereitstellen eines Partikelstrahls,
- ein Partikelstrahl-Transportsystem (15) zur Führung des von der Beschleunigereinheit (13) bereitgestellten Partikelstrahls, wobei das Partikelstrahl-Transportsystem (15) einen ersten Teilbereich (23) aufweist, mit welchem der Partikelstrahl aus einem Niveau (57) herausführbar ist, auf welchem sich die Beschleunigereinheit (13) befindet, und welches in einen Bestrahlungsraum mit mehreren feststehenden Strahlauslässen führt, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Bestrahlungsraum an den ersten Teilbereich (23) des Partikelstrahl-Transportsystems (15) angeschlossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Bestrahlungsraum ein Gantry-basierter Bestrahlungsraum (21) ist, welcher derart an den ersten Teilbereich angeschlossen wird, dass eine Drehachse der Gantry oberhalb des Niveaus der Beschleunigereinheit (13) liegt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

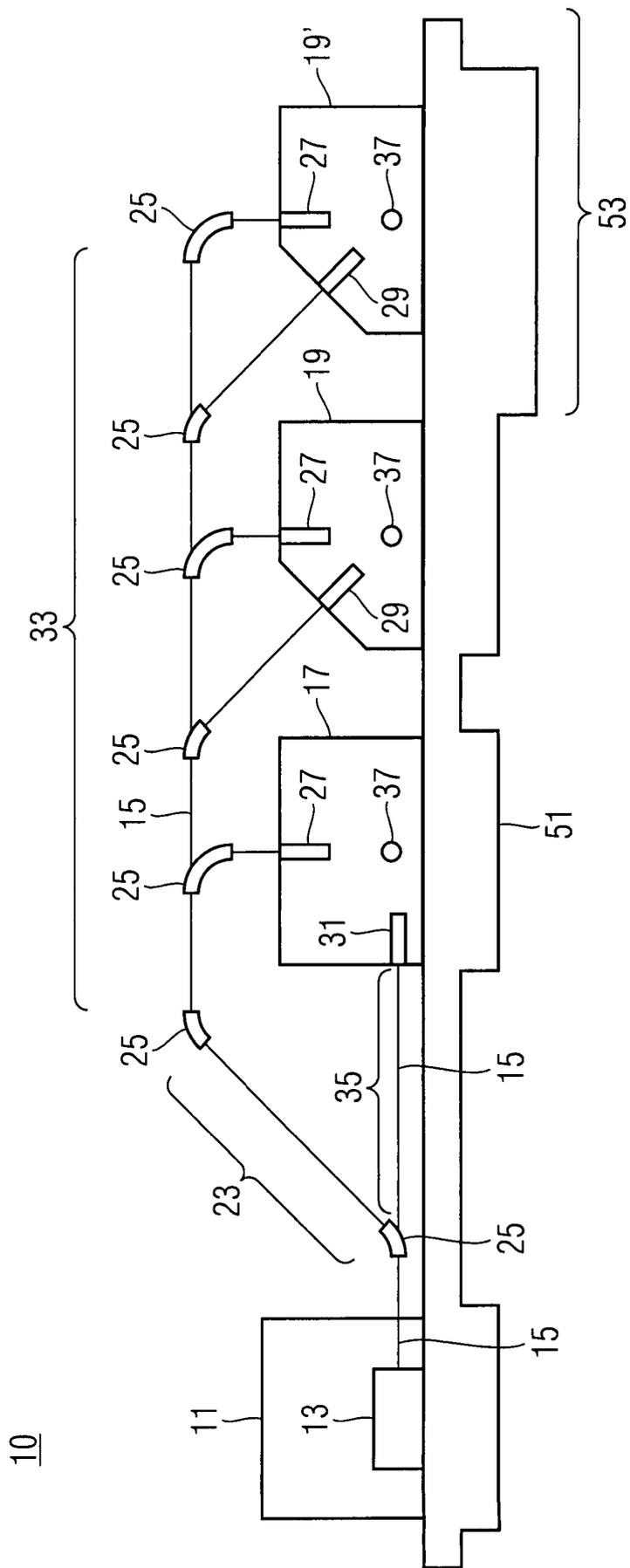


FIG 2

