

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. April 2006 (06.04.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2006/034973 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
A61N 5/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/054665

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. September 2005 (19.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 048 216.0  
30. September 2004 (30.09.2004) DE  
10 2004 062 473.9  
23. Dezember 2004 (23.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HERRMANN, Klaus  
[DE/DE]; Schildgasse 5, 90403 Nürnberg (DE).

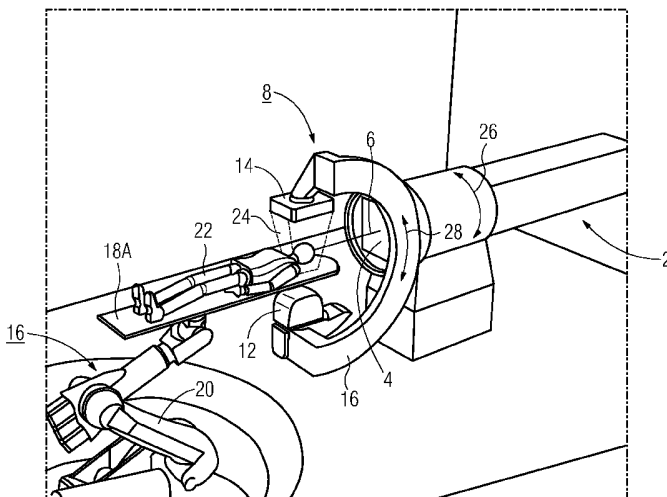
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEDICAL RADIOTHERAPY ASSEMBLY

(54) Bezeichnung: MEDIZINISCHE STRAHLENTHERAPIEANORDNUNG



(57) Abstract: The invention relates to a radiotherapy assembly comprising a particle emitter (2) with an exit window (4) for a fixed particle stream (6) and a patient support device (16) comprising a patient couch (18A, 18B), which can be brought into an irradiation position that is suitable for irradiating a patient (22) in front of the exit window (4). An X-ray diagnostic device (8) determines or verifies the position of a tumour that is to be irradiated, said device (8) comprising an X-ray source (12) and a detector (14), which can be displaced in the area around the patient couch (18A, 18B) that has been placed in the irradiation position. The assembly permits the location of a tumour to be verified in the irradiation position, thus rendering a relocation of the patient unnecessary.

(57) Zusammenfassung: Die Strahlentherapieanordnung weist einen Partikelstrahler (2) mit einem Austrittsfenster (4) für einen ortsfesten Partikelstrahl (6) auf. Weiterhin umfasst die Anordnung eine Patientenlagerungsvorrichtung (16) mit einer Patientenliege (18A, 18B), die vor das Austrittsfenster

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2006/034973 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(4) in einen zur Bestrahlung eines Patienten (22) geeigneten Bestrahlungsposition bringbar ist. Weiterhin ist ein Röntgen-Diagnosegerät (8) zur Bestimmung oder Verifikation der Position eines zu bestrahlenden Tumors vorgesehen, wobei das Röntgen-Diagnosegerät (8) eine Röntgenquelle (12) sowie einen Detektor (14) aufweist, die im Raum um die in der Bestrahlungsposition befindliche Patientenliege (22) verfahrbar sind. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, die Lage eines Tumors bereits in der Bestrahlungsposition zu verifizieren, so dass eine Umlagerung des Patienten nicht erforderlich ist.

Beschreibung

Medizinische Strahlentherapieanordnung

5 Die Erfindung betrifft eine medizinische Strahlentherapieanordnung, wie sie zur Behandlung von Tumoren eingesetzt wird.

Bei der Strahlentherapie mit Schwerionen werden mit Hilfe von beschleunigten Partikeln Tumore beschossen. Ein Teilchenbeschleuniger erzeugt hierbei einen Partikelstrahl mit einem im  
10 Raum feststehenden Strahlaustritt. Zur Behandlung muss der Patient in eine exakte, vordefinierte Position gebracht werden und zwar derart, dass sich der Tumor im so genannten Isozentrum des Partikelstrahls befindet. In Abhängigkeit der Position des Tumors im Körper werden unterschiedliche Bestrahlungspositionen (Felder) für den Patienten vorgesehen, beispielsweise wird der Patient in liegender oder auch in sitzender Position vor dem Partikelstrahler positioniert.

20 Im Vorfeld der Strahlentherapie ist es daher erforderlich, die Position des Tumors möglichst exakt zu bestimmen. Hierzu werden bildgebende Diagnoseverfahren eingesetzt. Röntgen-Diagnosegeräte sind beispielsweise zu entnehmen aus der DE 189 55 213 C2, DE 189 27 022 C2 oder aus EP 0 220 501 B1.

25 Die Tumor-Position wird üblicherweise durch äußere Markierungen direkt am Patienten, so genannte Hautmarkierungen, oder auch an sogenannten Immobilisierungsmasken angezeigt.

Abhängig von der Tumorart und Größe wird in der Therapieplanung die Anzahl der einzelnen Bestrahlungen (Fraktionen)  
30 festgelegt, die zur sicheren Zerstörung des Tumors notwendig sind. Üblicherweise werden pro Patient 20-30 Bestrahlungen über einen Zeitraum von mehreren Wochen durchgeführt.

35 Zum Bestrahlen wird der Patient in einen Bestrahlungsraum mit einem Strahlenaustrittsfenster für den Partikelstrahl gebracht. Der Patient wird auf einer Patientenliege immobilisiert oder fixiert. Unter Patientenliege wird hier allgemein

sowohl eine Liege im engeren Sinn als auch ein Stuhl verstanden, auf denen der Patient immobilisiert ist. Anschließend wird der Patient entsprechend den an der Haut oder Immobilisierungsmasken befindlichen Markierungen in das bekannte und  
5 über Laser markierte feststehende Isozentrum verfahren, bevor mit der Strahlentherapie begonnen wird. Mitunter ist im Bestrahlungsraum zusätzlich zum Strahlenaustrittsfenster ein feststehendes bildgebendes Gerät vorgesehen, mit dem die Tumorposition anhand anatomischer Landmarken verifizierbar ist.  
10 Nach der Verifikation wird der Patient von seiner Aufnahme- position in eine Bestrahlungsposition verfahren.

Lageveränderungen des Tumors zwischen dem Zeitpunkt der Diagnose und dem Zeitpunkt der jeweiligen Bestrahlung können zu  
15 einer Beeinträchtigung der Wirksamkeit der Strahlentherapie führen. Auch ist die Ausrichtung des Patienten in das Isozentrum anhand der Markierungen mit Ungenauigkeiten behaftet. Selbst wenn unmittelbar vor der Bestrahlung die Tumorposition verifiziert wird, ist aufgrund des Verfahrens des Patienten  
20 von der Aufnahme- position in die Bestrahlungsposition eine exakte Positionierung schwierig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine medizinische Strahlentherapieanordnung anzugeben, mit der eine möglichst  
25 effiziente Strahlentherapie ermöglicht ist.

Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch eine Strahlentherapieanordnung, insbesondere Ionenstrahltherapieanordnung, gemäß Patentanspruch 1. Diese umfasst ein Aus-  
30 trittsfenster für einen Partikelstrahl mit einem im Raum feststehenden Strahlaustritt sowie eine Patientenlagerungsvorrichtung mit einer Patientenliege, die vor das Austrittsfenster in eine zur Bestrahlung eines Patienten geeignete Bestrahlungsposition bringbar ist. Die Anordnung weist zudem  
35 ein Diagnose- oder ein bildgebendes Gerät zur Bestimmung oder Verifikation der Position eines zu bestrahlenden Tumors auf. Das bildgebende Gerät ist insbesondere ein Röntgengerät und umfasst eine Röntgenstrahlenquelle sowie einen dieser gege-

nüberliegenden Röntgenstrahlendetektor. Das bildgebende Gerät ist im Raum um die in der Bestrahlungsposition befindliche Patientenliege verfahrbar. Hierzu sind die Röntgenstrahlenquelle und der Röntgenstrahlendetektor an einem gemeinsamen, insbesondere mechanisch steifen Tragarm befestigt. 5 Durch diese Maßnahme ist daher gewährleistet, dass Röntgenstrahlenquelle und Röntgenstrahlendetektor jeweils in der gleichen Stelle zueinander positioniert sind. Weiterhin braucht zur Bewegung im Raum lediglich der Tragarm entsprechend angesteuert und verfahren zu werden. Es sind also keine 10 zwei unabhängigen Bewegungen im Raum erforderlich, wodurch die Ansteuerung einfach gehalten ist. Um bei jeder möglichen Bestrahlungsposition des Patienten eine bildgebende Diagnose zu ermöglichen, ist der Tragarm derart gelagert und ansteuerbar, dass sowohl eine Angularbewegung um die durch den Partikelstrahl definierte Längsachse als auch eine Orbitalbewegung um eine zur Längsachse senkrechte Achse ausführbar ist. Durch Überlagerung dieser beiden Dreh-Freiheitsgrade in Kombination mit einer zur einen Seite offenen Ausbildung des Tragarms 15 lassen sich sämtliche Diagnosepositionen zur Verifikation des Tumors einnehmen, unabhängig von der jeweiligen Position des Patienten.

Ein besonderer Vorteil dieser Strahlentherapieanordnung ist darin zu sehen, dass der Partikelstrahler mit einem bildgebenden Gerät derart kombiniert ist, dass der auf der Patientenliege befindliche Patient in ein und derselben Position sowohl einer Bildaufnahme als auch der Therapie unterzogen werden kann. D.h. es ist unmittelbar in der Bestrahlungsposition 25 eine Bestimmung oder Verifikation der Position des Tumors ermöglicht. Die Bildaufnahme wird unmittelbar vor oder auch während der Bestrahlung durchgeführt. Es ist keinerlei Umlagerung des Patienten von der Bildaufnahme zur Bestrahlung erforderlich, welche immer die Gefahr einer Verschiebung des Tumors in sich birgt. Durch die Verifikation der Position des Tumors in der Bestrahlungsposition ist daher eine exakte Positionierung des Tumors in das Isozentrum des Partikelstrahlers ermöglicht, so dass insgesamt die Strahlentherapie hoch- 35

effizient eingesetzt werden kann. Aufgrund der freien Verfahrbarkeit des bildgebenden Geräts im Raum ist zudem unerheblich, in welcher Position des Patienten, ob in sitzender oder in liegender Position, die Strahlentherapie erfolgt.

5

Ein mit dieser Strahlentherapieanordnung durchzuführendes Verfahren zeichnet sich demnach dadurch aus, dass in der jeweiligen Therapieposition eine Positionsverifikation zur Bestimmung der Tumorposition erfolgt. Die Positionsverifikation ist durch die spezielle Ausgestaltung der Strahlentherapieanordnung hierbei in jeder beliebigen Therapieposition des Patienten ermöglicht. Zur Positionsverifikation wird vorzugsweise zum einen die Tumorposition anhand von 2-dimensionalen Projektionsaufnahmen bestimmt. In einer vorteilhaften Alternative wird die Positionsverifikation zur Bestimmung der Tumorposition anhand von 3-dimensionalen Schnittbildaufnahmen durchgeführt.

Von wesentlicher Bedeutung ist weiterhin, dass die Positionsverifikation als auch die eigentliche Bestrahlung sowohl in liegender als auch in sitzender Stellung des Patienten und damit in jeder beliebigen Therapieposition des Patienten ermöglicht ist. Gemäß einer zweckdienlichen Weiterbildung ist daher vorgesehen, dass die Patientenliege als Liege für eine liegende Bestrahlungsposition oder als Stuhl für eine sitzende Bestrahlungsposition des Patienten ausgebildet oder umbaubar ist. Durch die hier beschriebene Anordnung ist es daher möglich, bei einem ortsfesten Strahlaustritt den Patienten in beliebigen Bestrahlungspositionen zu Bestrahlen. Insbesondere ist aufgrund der Möglichkeit der sitzenden Position auch eine frontale Bestrahlung ermöglicht. Diese durch die spezielle Anordnung bedingte Variabilität ermöglicht im Vergleich zu bisherigen Systemen erhebliche Kosteneinsparungen, da insbesondere auf eine sogenannte Gantry verzichtet werden kann, mit deren Hilfe der Bestrahlungswinkel des Teilchenstrahls in aufwändiger und damit kostenintensiver Weise eingestellt wird.

Ein weiterer besonderer Vorteil der gerätetechnischen Kombination des Partikelstrahlers mit dem bildgebenden Gerät ist darin zu sehen, dass im Verlauf einer Bestrahlung die Position des Tumors verifiziert oder kontrolliert und damit eine aktive Lagekontrolle des Patienten durchgeführt werden kann und auch wird. Auch hierzu werden mit Hilfe des bildgebenden Geräts beispielsweise 2D-Projektionsaufnahmen durchgeführt und die ermittelten Bilder werden mit Hilfe einer geeigneten Bildauswertung mit den zuvor ermittelten 3D-Bildern des Tumors verglichen. Dadurch ist es möglich, online, also während einer Bestrahlung, auf Positionsveränderungen des Tumors durch eine insbesondere automatisch gesteuerte Verschiebung des Patienten in die optimale Bestrahlungsposition zu reagieren.

Insgesamt ist durch die sehr flexible Positionierbarkeit des Diagnosegeräts ermöglicht, mit ein und demselben bildgebenden Gerät, d.h. mit ein und demselben Strahlenquelle-Strahlendetektor-Paar, für die verschiedensten Bestrahlungspositionen Bildaufnahmen des Tumors zu erzeugen. Im Vergleich zu feststehenden Röntgen-Diagnosegeräten, die jeweils nur für eine Patientenposition zur Bilderzeugung vorgesehen sind, ist dadurch auch eine deutliche gerätetechnische Vereinfachung und kostengünstigere Lösung erzielt.

Als Röntgengerät wird hierbei vorzugsweise ein konventionelles Röntgengerät beispielsweise zur Erzeugung von zweidimensionalen Projektionsaufnahmen oder auch zur Erzeugung von dreidimensionalen Niedrigkontrast-Aufnahmen eingesetzt. Bei letzterem wird der Patient mit einem aufgefächerten Röntgenstrahl bestrahlt und die vom Strahlendetektor empfangenen Signale werden zur Erzeugung eines dreidimensionalen Bildes ausgewertet. Dieses bildgebende Verfahren ist auch unter dem Namen 3D-Cone Beam Rekonstruktion bekannt.

Als Tragarm werden vorzugsweise C- oder U-förmige mechanische Tragkonstruktionen verwendet, die zu einer Seite hin offen sind, so dass der Tragarm die zwischen dem Strahlendetektor

und der Strahlenquelle angeordnete Patientenliege bogenartig umspannt.

Zweckdienlicherweise ist der Tragarm derart gelagert und ansteuerbar, dass sowohl für die Angularbewegung als auch für die Orbitalbewegung ein Drehwinkel von mindestens  $180^\circ$  ausführbar ist. Damit lassen sich umfassende Bildinformationen insbesondere auch für eine dreidimensionale Bilderzeugung erhalten. Bei der Verwendung eines Röntgen-Fächerstrahls für das so genannte 3D-Cone Beam-Verfahren beträgt die Drehbewegung für die Angular- und Orbitalbewegung mindestens  $180^\circ$  zusätzlich der Fächeraufweitung des Röntgenstrahls.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist weiterhin vorgesehen, dass der Tragarm am Partikelstrahler drehbar gelagert ist. Der Partikelstrahler und das Diagnosegerät bilden daher eine miteinander verbundene einheitliche Baueinheit aus. Durch die bauliche Verbindung ist die Relativposition zwischen der Strahlenquelle und dem Strahlendetektor bezüglich des Isozentrums des Partikelstrahlers stets exakt definiert.

Gemäß einer bevorzugten alternativen Ausführungsform ist der Tragarm von einem mehrachsigen, insbesondere sechssachsigen Roboterarm gehalten. Durch die Führung über einen mehrachsigen Roboterarm ist eine freie Bewegung im Raum ohne oder nahezu ohne Beschränkungen ermöglicht, so dass individuelle Anforderungen problemlos berücksichtigt werden können. In beiden Varianten ist eine Tragstruktur des Diagnosegeräts ortsfest im Raum angeordnet, lediglich der Tragarm ist im Raum frei verfahrbar.

Um nach der Verifikation der Position des Tumors den Patienten exakt in die Sollposition zu verfahren, ist gemäß einer zweckdienlichen Ausgestaltung vorgesehen, dass die Patientenliege gesteuert in eine vordefinierte Bestrahlungsposition verfahrbar ist.



Zu diesem Zweck ist insbesondere eine gemeinsame Steuereinheit vorgesehen, die zwei Geräte, nämlich das Diagnosegerät und die Patientenlagerungsvorrichtung, aufeinander abgestimmt steuert. Und zwar derart, dass unter Berücksichtigung des Isozentrums des Partikelstrahls und unter Berücksichtigung der mit Hilfe des Diagnosegeräts ermittelten Tumorposition die Patientenliege mit dem darauf immobilisierten Patienten in die erforderliche Bestrahlungsposition verfahren wird. Die Bestimmung der Position des Tumors anhand der Röntgenbilder erfolgt hier entweder automatisch durch geeignete automatische Bilderkennungsverfahren oder manuell durch geschultes medizinisches Personal, das der Steuereinheit über ein geeignetes Eingabegerät die Position des Tumors mitteilt.

Zum Teil sind mehrere Austrittsfenster für den Partikelstrahl unter vorgegebenen Winkeln relativ zur Patientenposition vorgesehen. Aufgrund der Verfahrbarkeit des Diagnosegeräts im Raum um die in der Behandlungsposition befindliche Patientenliege ist das gleiche Diagnosegerät auch für Strahlentherapieanwendungen mit mehreren Austrittsfenstern für den Partikelstrahl geeignet. Vorzugsweise wird daher das Diagnosegerät eingesetzt in Kombination mit mehreren unter bestimmten Winkeln angeordneten Austrittsfenstern für Partikelstrahlen mit jeweils im Raum feststehenden Strahlaustritten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen jeweils in schematischen Darstellungen:

FIG 1 bis 3 eine Strahlentherapieanordnung mit einem drehbar gelagerten Röntgen-Diagnosegerät mit einem C-bogenartigen Tragarm in unterschiedlichen Positionen des Tragarms für unterschiedliche Bestrahlungspositionen und

FIG 4,5 eine alternative Ausführungsform der Strahlentherapieanordnung mit einem an einem mehrachsigen Roboterarm befestigten Tragarm.

In den Figuren sind gleich wirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

5 Die medizinische Strahlentherapieanordnung umfasst in allen Ausführungsvarianten einen Teilchenbeschleuniger zur Erzeugung eines Partikelstrahls bestehend aus Schwerionen, im Folgenden als Partikelstrahler bezeichnet. Dieser umfasst eine Röhre 2 mit einem vorderseitigen Austrittsfenster 4, aus dem  
10 an einer vordefinierten Position ein Partikelstrahl 6 während des Betriebs austritt. Die Röhre 2 mit dem Austrittsfenster 4 ist im Raum ortsfest angeordnet. Alternativ zu den dargestellten Ausführungsbeispielen sind im Raum unter definierten Winkeln mehrere feststehende Austrittsfenster 4 angeordnet.

15 Die Anordnung weist weiterhin ein Röntgen-Diagnosegerät 8 mit einem Tragarm 10A,10B auf, an dem an gegenüberliegenden Positionen jeweils eine Röntgenstrahlenquelle 12 und ein Röntgenstrahlendetektor 14 angeordnet sind.

20 Weiterhin umfasst die Strahlentherapieanordnung eine Patientenlagerungsvorrichtung 16 mit einer Patientenliege 18, welche über einen ersten mehrachsigen Roboterarm 20 gesteuert verfahrbar ist. Unter Patientenliege 18A,18B wird hier allgemein eine Vorrichtung verstanden, auf der ein Patient 22 in  
25 eine für die Strahlentherapie vorgesehene Position gebracht wird. Dies kann sowohl eine sitzende als auch eine liegende Position sein. Unter Patientenliege 18A,18B wird daher sowohl eine Liege für eine liegende Position des Patienten 22 als  
30 auch ein stuhlartiges Gebilde für eine sitzende Position des Patienten 22 verstanden.

Von besonderer Bedeutung bei der Strahlentherapieanordnung ist die besondere Ausgestaltung und Anordnung des Röntgen-Diagnosegeräts 8 in Kombination mit dem Austrittsfenster 4 derart,  
35 dass eine Röntgenaufnahme zur Bestimmung oder Verifikation der Position eines Tumors in der für die Strahlentherapie vorgesehenen Behandlungsposition des Patienten 22 durch-

führbar ist. Das Röntgen-Diagnosegerät 8 ist hierbei prinzipiell sowohl für 2D-Projektionsaufnahmen als auch für 3D-Niedrigkontrastaufnahmen und zur Erzeugung von so genannten 3D-Cone-Beam-Bildern geeignet.

5

In den Ausführungsbeispielen ist jeweils ein Röntgen-Fächerstrahl 24 dargestellt, welcher zur Erzeugung der 3D-Cone-Beam-Bilder, also zur Erzeugung von dreidimensionalen Bildern des zu bestrahlenden Tumors vorgesehen ist. Die Bilderzeugung und Bildauswertung erfolgt in an sich bekannter Weise. Für 10 die Erzeugung von 3D-Röntgenbildern ist es erforderlich, dass der Fächerstrahl 24 um mindestens  $180^\circ$  zuzüglich des Fächerwinkels um den Patienten 22 verfahrbar ist. Von besonderer Bedeutung bei der vorliegenden Strahlentherapieanordnung ist, 15 dass unabhängig von der jeweiligen Bestrahlungsposition des Patienten 22 eine Positionsverifikation des Tumors mit ein und demselben Diagnosegerät durchführbar ist. Die Positionsverifikation ist daher unabhängig davon, ob der Patient 22 in liegender oder in sitzender Position, ob in Längsrichtung zum 20 Partikelstrahl 6 oder quer hierzu ausgerichtet ist. Maßgebend für diese Variabilität ist die im Wesentlichen frei im Raum verfahrbare Anordnung des Röntgen-Diagnosegeräts 8.

Der Tragarm 10A,10B ist zu einer Seite hin offen, also etwa 25 U-förmig oder C-förmig ausgebildet, so dass er problemlos über den Patient verfahrbar ist, so dass dieser zwischen die Strahlenquelle 12 und den Strahlendetektor 14 positioniert ist. Für die Drehbarkeit um mehr als  $180^\circ$  um den Patienten 22 herum kann der Tragarm 10A,10B zum einen eine Angularbewegung 30 um die durch den Partikelstrahl 6 definierte Längsachse ausführen. Die Angularbewegung ist durch einen Doppelpfeil 26 angedeutet. Zum anderen ist der Tragarm 10A,10B in der Lage, eine Orbitalbewegung um eine Achse senkrecht zum Partikelstrahl 6 auszuführen. Diese Orbitalbewegung ist durch einen 35 weiteren Doppelpfeil 28 angedeutet.

Hat der Patient 22 eine definierte Behandlungsposition eingenommen, so vollführt das Diagnosegerät 8 in der Regel eine

180°-Drehung (zzgl. des Fächerwinkels des Röntgenstrahls) in nur einer der beiden Bewegungsrichtungen, also entweder eine Angularbewegung 26 um die Längsachse oder eine Orbitalbewegung 28 um eine senkrecht zur Längsachse stehende weitere Drehachse. Die Lage dieser weiteren Drehachse im Raum ist hierbei variabel und hängt von der jeweiligen angularen Drehposition des Tragarms 10A,10B ab.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß den FIG 1 bis 3 ist der Tragarm 10A als ein C-Bogen ausgebildet, welcher an seinen Bogenenden jeweils die Strahlenquelle 12 und den Detektor 14 aufweist. Der Tragarm 10A ist zur Ausführung der Angularbewegung 26 über einen Drehring 30 gelagert, welcher ringförmig an der Röhre 2 umläuft. Über diesen Drehring 30 ist daher der Tragarm 10A um die durch den Partikelstrahl 6 gebildete Längsachse drehbar. Zur Ausführung der Orbitalbewegung 28 ist der Tragarm 10A am Drehring 30 selbst wiederum verschieblich gelagert, beispielsweise geführt durch eine Führungsschiene oder eine ineinandergreifende Verzahnung zwischen dem Drehring 30 und dem Tragarm 10A. Durch diese Maßnahme lässt sich in jeder Angular-Drehstellung eine Orbital-Drehung um 180° ausführen. Umgekehrt lässt sich in jeder Orbital-Drehstellung auch eine Angular-Drehbewegung 26 um mindestens 180° ausführen. Bei der gewählten Konstruktion sind prinzipiell jeweils Drehbewegungen um 360° möglich. Die Drehbewegungen werden im Wesentlichen durch die Position der Patientenliege 18A,18B begrenzt.

Im Ausführungsbeispiel der FIG 1 befindet sich der Patient 22 in einer längs zum Partikelstrahl 6 gerichteten liegenden Behandlungsposition zur Behandlung eines Gehirntumors. Der Tragarm 10A wird zur 3D-Bildverifikation der Position des Gehirntumors durch Verdrehen des Drehrings 30 in Angularrichtung 26 um mindestens 180° um den Kopf des Patienten 22 gedreht.

Bei der in FIG 2 dargestellten Bestrahlungsposition befindet sich der Patient 22 quer zum Partikelstrahl 6 in einer liegenden Position. Der Tragarm 10A ist hierbei in einer festen

Angularposition orientiert. Zur Röntgenaufnahme wird der Tragarm 10A um mindestens 180° in Orbitalrichtung 28 um den Rumpf des Patienten 22 geschwenkt. Eine Drehbewegung in Angularrichtung 26 erfolgt hierbei nicht.

5

Bei der Behandlungssituation gemäß FIG 3 befindet sich der Patient 22 in einer sitzenden Behandlungsposition. Zur Aufnahme des Röntgenbilds erfolgt hierbei wiederum lediglich eine Bewegung des Tragarms 10A in Orbitalrichtung 28.

10

Im Unterschied zu der ersten in den in FIG 1 bis 3 dargestellten Ausführungsvariante ist bei der zweiten Ausführungsvariante gemäß den FIG 4 und 5 der Tragarm 10B an einem insbesondere 6-achsigen zweiten Roboterarm 32 befestigt. Der zweite Roboterarm 32 ist im Ausführungsbeispiel an einer Raumdecke befestigt. Durch die mehrachsige Ausführung des zweiten Roboterarms 32 lässt sich der Tragarm 10B an beliebigen, vom zweiten Roboterarm 32 zugänglichen Stellen im Raum positionieren. Zur Durchführung der angularen Drehbewegung 26 bzw. der orbitalen Drehbewegung 28 weist der zweite Roboterarm 32 mehrere Drehgelenke 34 auf. Auch hier wird zur Aufnahme des Röntgenbilds in Abhängigkeit der jeweiligen Behandlungsposition, in der sich der Patient 22 befindet, jeweils eine mindestens 180°-Drehung entweder in Orbitalrichtung 28 oder in Angularrichtung 26 vorgenommen.

25

Das Röntgen-Diagnosegerät 8, die Patientenlagerungsvorrichtung 16 sowie gegebenenfalls der Teilchenbeschleuniger werden vorzugsweise von einer gemeinsamen Steuereinheit aus aufeinander abgestimmt betrieben. Zur Durchführung der Strahlentherapie ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Patient 22 in eine vorläufige Behandlungsposition für die Strahlentherapie gebracht wird. Hierzu wird er zunächst auf der Patientenliege 18A,18B immobilisiert und die Patientenliege 18A,18B wird mit Hilfe des ersten Roboterarms 20 in die gewünschte vorläufige Behandlungsposition verfahren. In dieser Position wird die Position des Tumors mit Hilfe des Röntgengeräts 8 bestimmt und verifiziert. Der immobilisierte Patient 22 wird über die

30

35

Patientenlagerungsvorrichtung 8 insbesondere automatisch und gesteuert in die optimale Bestrahlungsposition verfahren, so dass der Tumor im Isozentrum positioniert ist. Die richtige Positionierung wird mit dem Röntgengerät 8 verifiziert.

5

Die Bestimmung der Position des Tumors erfolgt hierbei entweder automatisch oder durch Auswertung der ermittelten Bilder durch medizinisches Fachpersonal. Nach der Positionierung des Patienten 22 wird der Partikelstrahl 6 erzeugt und der Patient 22 bestrahlt. In den Figuren ist der Partikelstrahl 6 jeweils gestrichelt dargestellt, um anzudeuten, dass die Bestrahlung mit dem Partikelstrahl 6 in der Regel nach der Durchführung der Röntgenaufnahmen erfolgt.

15 Mit Hilfe der hier nicht näher dargestellten Steuer-, Kontroll- und Überwachungseinheit wird der Patient 22 vorzugsweise automatisch in die richtige Behandlungsposition für die Strahlenbehandlung verfahren.

## Patentansprüche

1. Medizinische Strahlentherapieanordnung mit einem Austrittsfenster (4) für einen Partikelstrahl (6), mit einer Patientenlagerungsvorrichtung (16), umfassend eine Patientenliege (18A,18B), die vor das Austrittsfenster (4) in eine zur Bestrahlung eines Patienten (22) geeignete Bestrahlungsposition bringbar ist, und mit einem Diagnosegerät (8) zur Bestimmung der Position eines zu bestrahlenden Tumors, wobei das Diagnosegerät (8) eine Strahlenquelle (12) und einen gegenüberliegenden Strahlendetektor (14) aufweist, die an einem gemeinsamen Tragarm (10A,10B) befestigt sind, wobei der Tragarm (10A,10B) derart gelagert und ansteuerbar ist, dass sowohl eine Angularbewegung (26) um die durch den Partikelstrahl (6) definierte Längsachse als auch eine Orbitalbewegung (28) um eine zur Längsachse senkrechte Achse ausführbar ist, so dass die Strahlenquelle (12) und der Strahlendetektor (14) im Raum um die in der Bestrahlungsposition befindliche Patientenliege (18A,18B) verfahrbar sind.
2. Strahlentherapieeinrichtung nach Anspruch 1, bei der das Diagnosegerät (8) derart ausgebildet ist, dass die Tumorposition anhand von 2-dimensionalen Projektionsaufnahmen oder anhand von 3-dimensionalen Schnittbildaufnahmen in jeder beliebigen Bestrahlungsposition des Patienten bestimmbar ist.
3. Strahlentherapieanordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der das Diagnosegerät (8) derart ausgebildet ist, dass sowohl bei der Verwendung einer Patientenliege in Form einer Liege (18A) für eine liegende Bestrahlungsposition als auch in Form eines Stuhls (18B) für eine sitzende Bestrahlungsposition die Strahlenquelle (12) und der Strahlendetektor (14) frei im Raum um die Patientenliege (18A,18B) verfahrbar sind.

4. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4, bei der der Tragarm (10A,10B) C-förmig oder U-förmig ausgebildet ist.
- 5 5. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorgehenden Ansprüche, bei der eine Drehbewegung des Tragarms (10A,10B) sowohl für die Angularbewegung (26) als auch für die Orbitalbewegung (28) um mindestens 180° ausführbar ist.
- 10 6. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Tragarm (10A) an einer Vorrichtung zur Erzeugung des Partikelstrahls drehbar gelagert ist.
- 15 7. Strahlentherapieanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Tragarm (10B) von einem mehrachsigen Roboterarm gehalten ist.
- 20 8. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Patientenliege (22) gesteuert in eine vordefinierte Bestrahlungsposition verfahrbar ist.
- 25 9. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Austrittsfenster (4) ortsfest in einem Raum angeordnet und Teil einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Ionen-Partikelstrahls (6) ist.
- 30 10. Strahlentherapieanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der mehrere feststehende Austrittsfenster (4) vorgesehen sind.



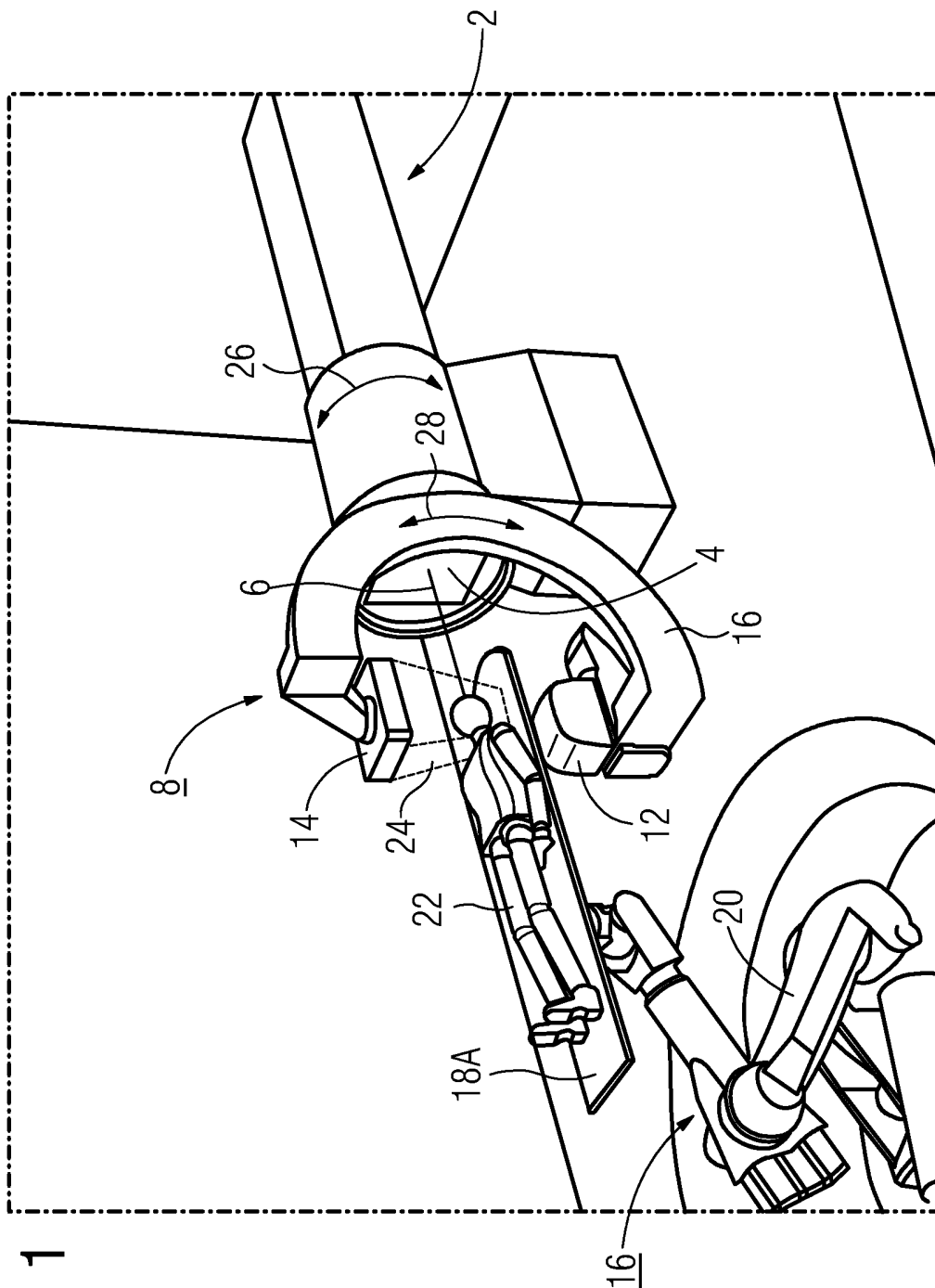


FIG 1

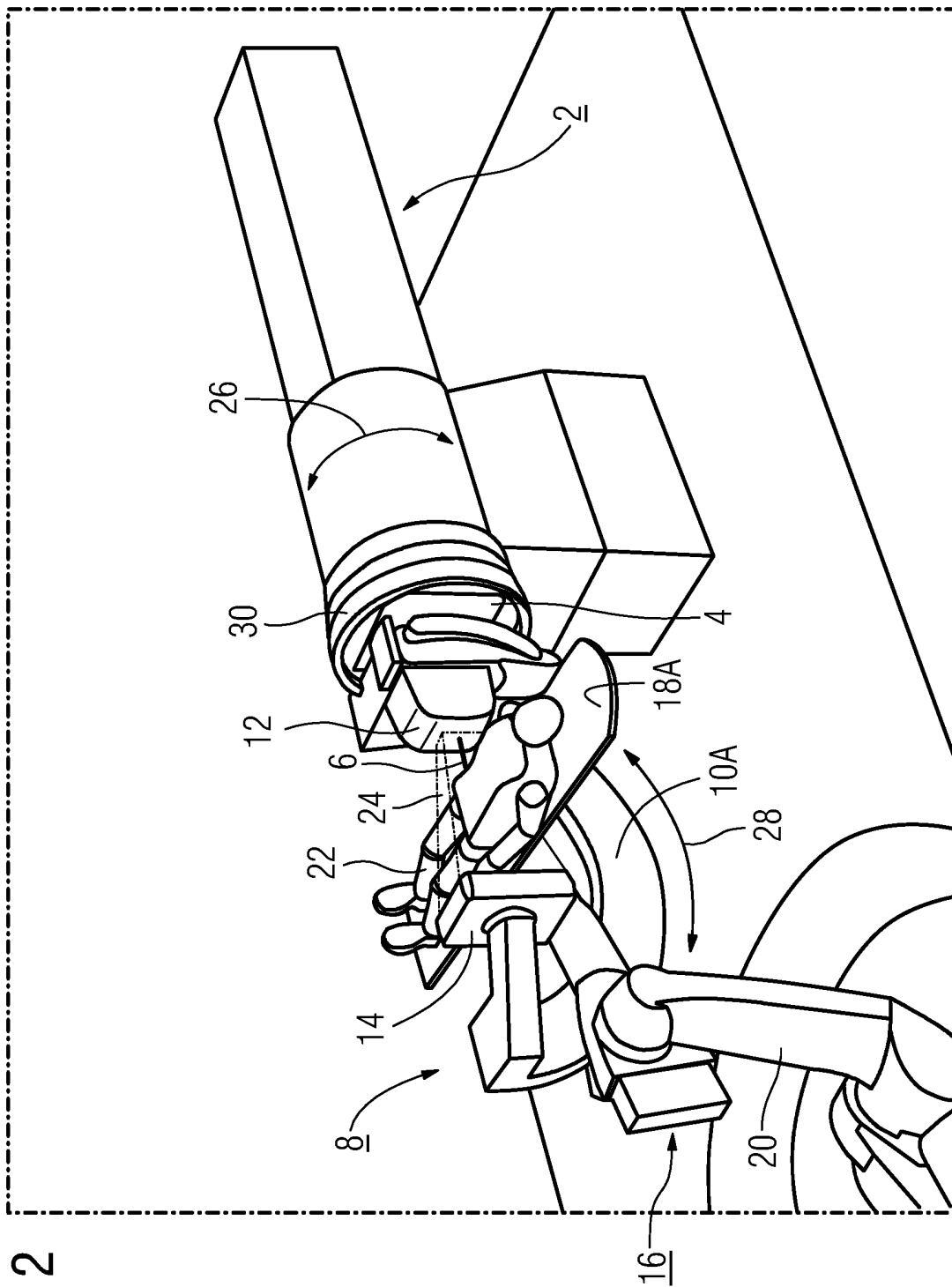


FIG 2

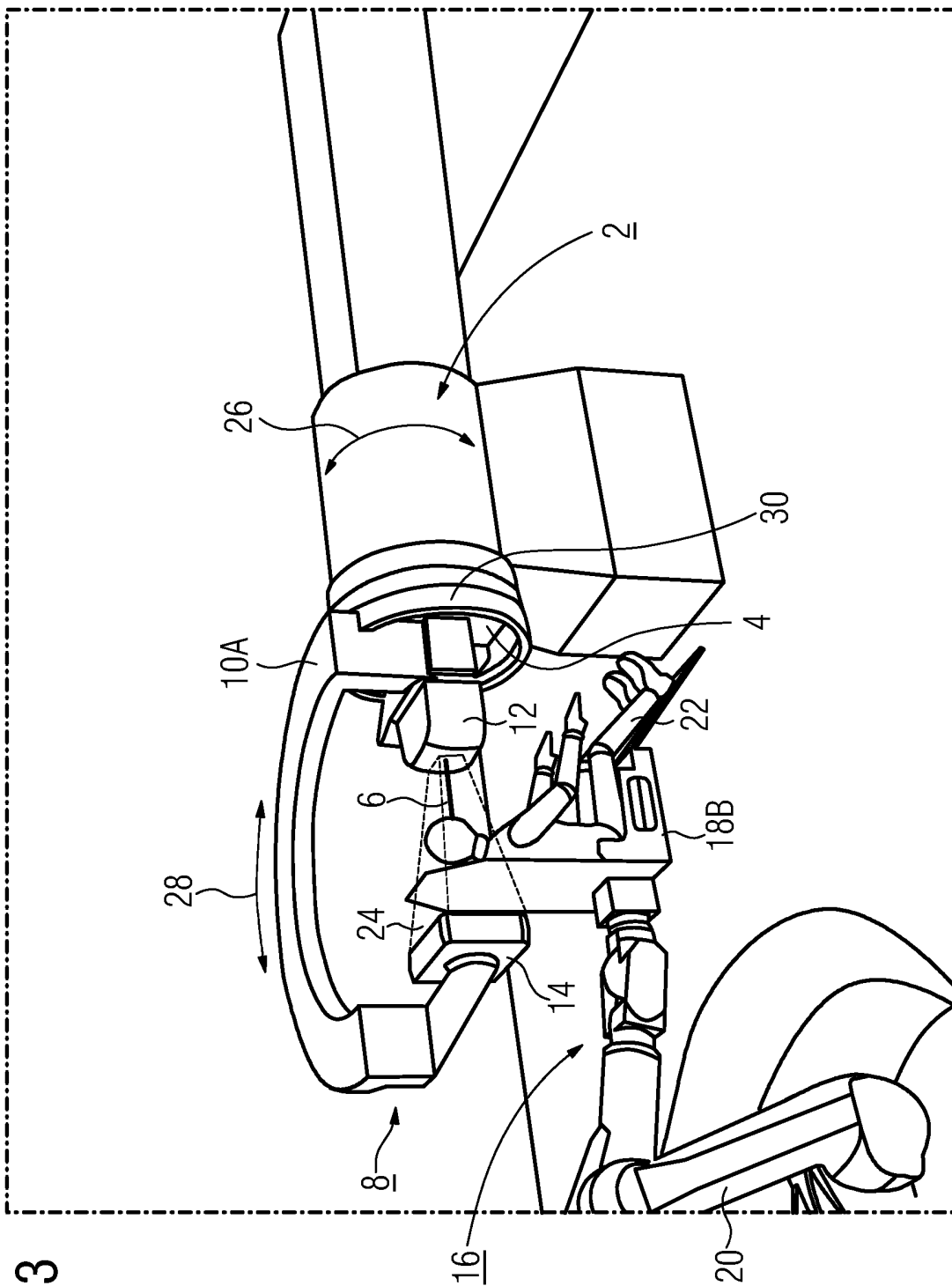


FIG 3

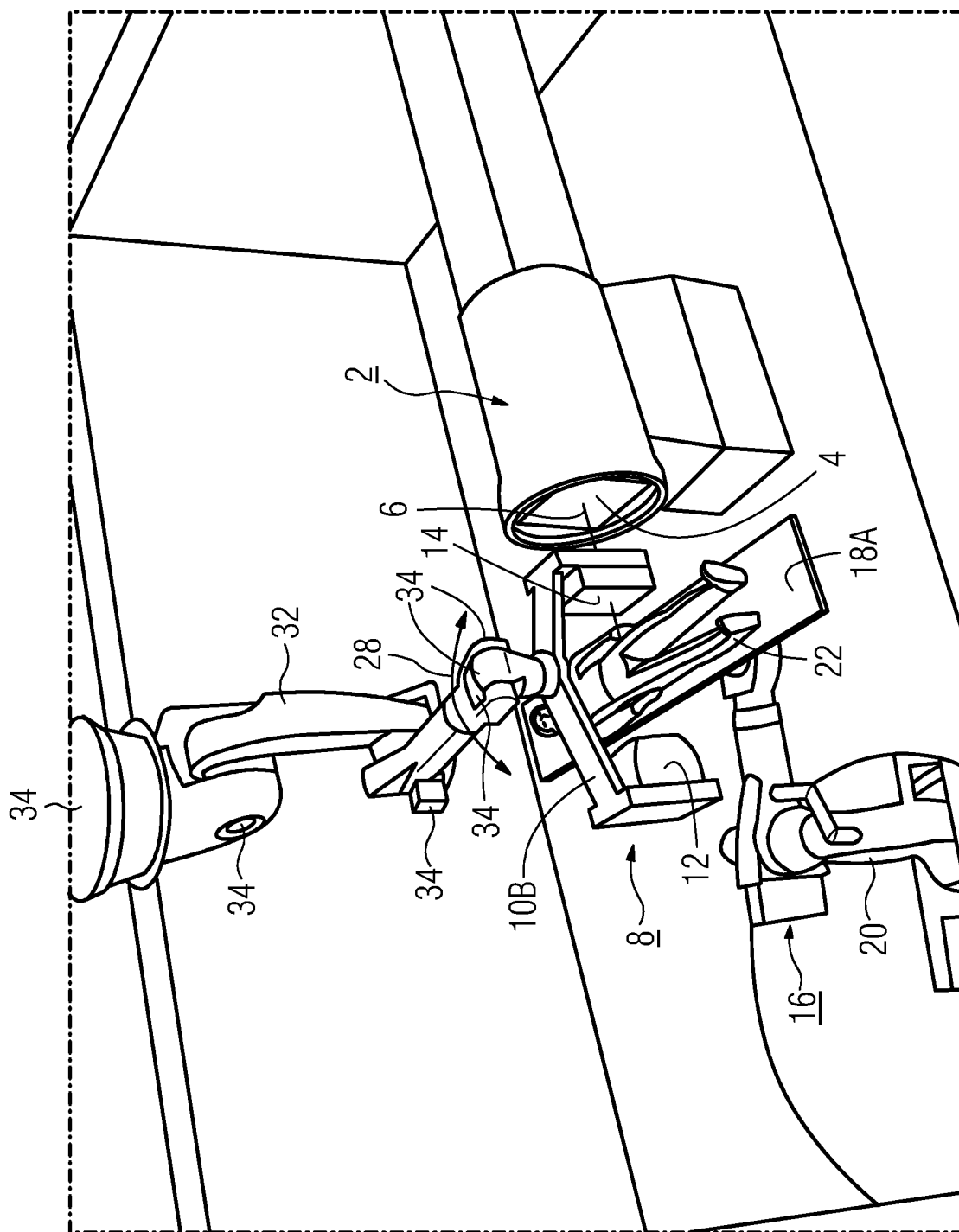


FIG 4

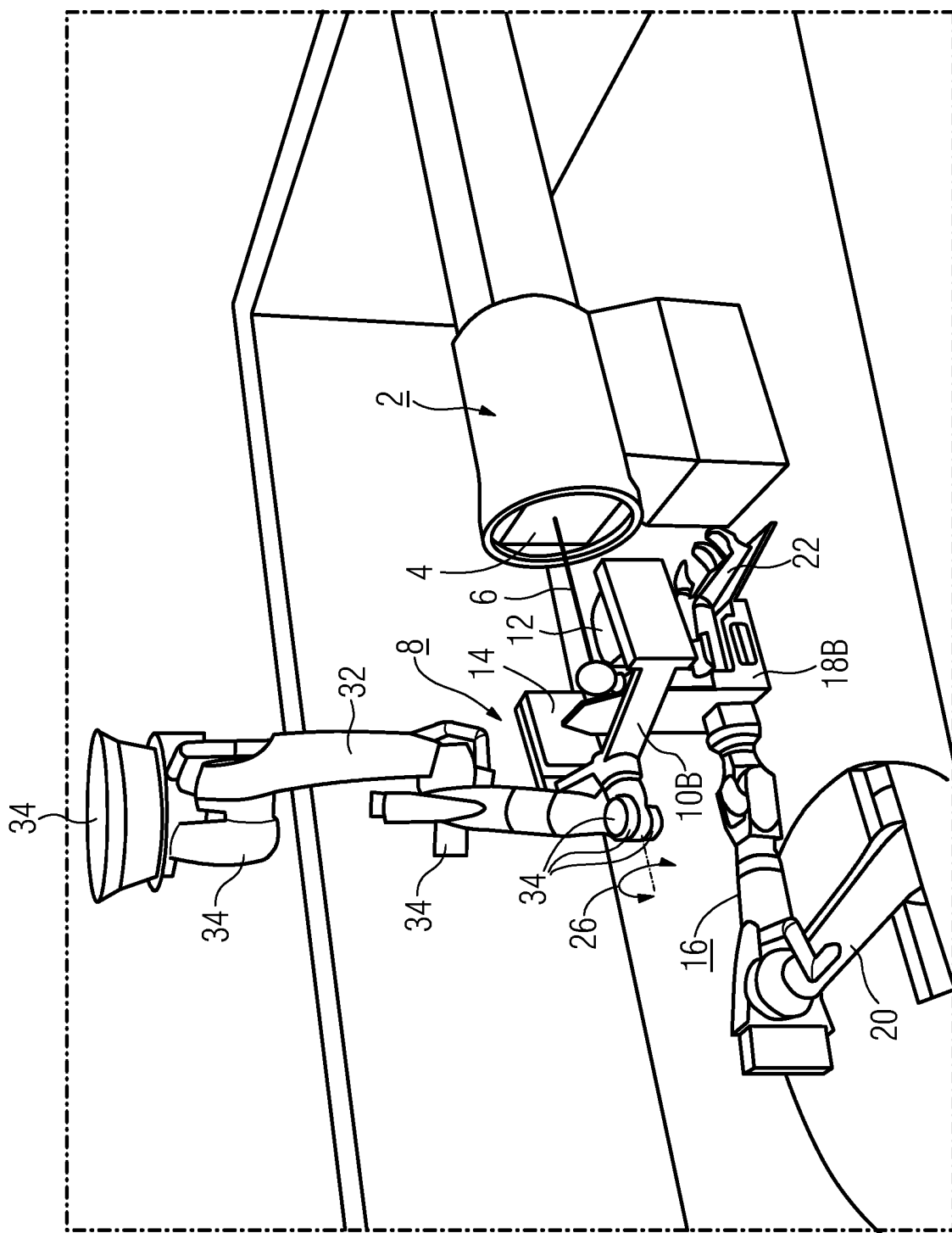


FIG 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/054665

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> A61N5/10				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61N A61B				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, PAJ				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28 February 1997 (1997-02-28) & JP 08 266650 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 15 October 1996 (1996-10-15) abstract	1-10		
Y	----- KAMADA T ET AL: "A horizontal CT system dedicated to heavy-ion beam treatment" RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY ELSEVIER IRELAND, vol. 50, no. 2, February 1999 (1999-02), pages 235-237, XP002359765 ISSN: 0167-8140 the whole document ----- -/--	1-10		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.				
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
° Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                      *E* earlier document but published on or after the international filing date                      *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)                      *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                      *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                      *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                      *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.                      *&amp;* document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">16 December 2005</p>		Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">04/01/2006</p>		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Petter, E</p>		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/054665

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 63 440 A1 (SIEMENS AG) 19 July 2001 (2001-07-19) column 4, line 63 - column 7, line 21 -----	1-10
Y	DE 196 25 407 A1 (SIEMENS AG, 80333 MUENCHEN, DE; SIEMENS AG) 8 January 1998 (1998-01-08) figures 1,2 -----	1-10
A	US 2004/024300 A1 (GRAF ULRICH MARTIN) 5 February 2004 (2004-02-05) figures 3b,3c -----	6
A	DE 199 58 864 A1 (PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PROPERTY GMBH) 13 June 2001 (2001-06-13) abstract -----	7
A	EP 1 358 908 A (ION BEAM APPLICATIONS S.A) 5 November 2003 (2003-11-05) paragraph '0012!; figure 1 -----	10
A	EP 0 220 501 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MUNCHEN) 6 May 1987 (1987-05-06) cited in the application abstract -----	7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/054665

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 08266650	A	15-10-1996	NONE	
DE 19963440	A1	19-07-2001	JP 2001218765 A US 2001029334 A1	14-08-2001 11-10-2001
DE 19625407	A1	08-01-1998	CN 1176772 A ES 2135331 A1 IT MI971442 A1 JP 10057359 A US 5901200 A	25-03-1998 16-10-1999 21-12-1998 03-03-1998 04-05-1999
US 2004024300	A1	05-02-2004	NONE	
DE 19958864	A1	13-06-2001	EP 1106141 A2 JP 2001218757 A US 2001005410 A1	13-06-2001 14-08-2001 28-06-2001
EP 1358908	A	05-11-2003	AU 2003225349 A1 WO 03092812 A1	17-11-2003 13-11-2003
EP 0220501	A	06-05-1987	JP 6049284 Y2 JP 62064504 U US 4894855 A	14-12-1994 22-04-1987 16-01-1990



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/054665

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> A61N5/10		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) A61N A61B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) & JP 08 266650 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 15. Oktober 1996 (1996-10-15) Zusammenfassung	1-10
Y	KAMADA T ET AL: "A horizontal CT system dedicated to heavy-ion beam treatment" RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY ELSEVIER IRELAND, Bd. 50, Nr. 2, Februar 1999 (1999-02), Seiten 235-237, XP002359765 ISSN: 0167-8140 das ganze Dokument	1-10
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<sup>a</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 16. Dezember 2005		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 04/01/2006
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Petter, E

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/054665

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 63 440 A1 (SIEMENS AG) 19. Juli 2001 (2001-07-19) Spalte 4, Zeile 63 - Spalte 7, Zeile 21 -----	1-10
Y	DE 196 25 407 A1 (SIEMENS AG, 80333 MÜNCHEN, DE; SIEMENS AG) 8. Januar 1998 (1998-01-08) Abbildungen 1,2 -----	1-10
A	US 2004/024300 A1 (GRAF ULRICH MARTIN) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Abbildungen 3b,3c -----	6
A	DE 199 58 864 A1 (PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PROPERTY GMBH) 13. Juni 2001 (2001-06-13) Zusammenfassung -----	7
A	EP 1 358 908 A (ION BEAM APPLICATIONS S.A.) 5. November 2003 (2003-11-05) Absatz '0012!; Abbildung 1 -----	10
A	EP 0 220 501 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MÜNCHEN) 6. Mai 1987 (1987-05-06) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	7

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/054665

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 08266650	A	15-10-1996	KEINE	
DE 19963440	A1	19-07-2001	JP 2001218765 A US 2001029334 A1	14-08-2001 11-10-2001
DE 19625407	A1	08-01-1998	CN 1176772 A ES 2135331 A1 IT MI971442 A1 JP 10057359 A US 5901200 A	25-03-1998 16-10-1999 21-12-1998 03-03-1998 04-05-1999
US 2004024300	A1	05-02-2004	KEINE	
DE 19958864	A1	13-06-2001	EP 1106141 A2 JP 2001218757 A US 2001005410 A1	13-06-2001 14-08-2001 28-06-2001
EP 1358908	A	05-11-2003	AU 2003225349 A1 WO 03092812 A1	17-11-2003 13-11-2003
EP 0220501	A	06-05-1987	JP 6049284 Y2 JP 62064504 U US 4894855 A	14-12-1994 22-04-1987 16-01-1990