

DE	10 2005 056067	B3
US	64 94 835	B1
US	2008/00 49 898	A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Gewebebehandlung, insbesondere für eine Tumorbehandlung, mittels einer Bestrahlungseinrichtung.

[0002] Moderne Verfahren zur Behandlung von Tumoren sehen beispielsweise vor, dass der Tumor zunächst operativ entfernt wird, und dass das verbleibende Randgewebe um den Tumor herum anschließend bestrahlt wird. Auch ist es möglich, dass der Tumor allein durch Bestrahlung bekämpft wird, ohne dass operative Eingriffe erforderlich werden.

[0003] Bei Durchführung der Bestrahlung ist es wichtig, dass die Bestrahlungseinrichtung in geeigneter Weise eingestellt wird, damit die erforderliche Bestrahlungsdosis und Bestrahlungsintensität eingestellt werden kann.

[0004] In der DE 10 2004 039 191 A1 beispielsweise ist eine Lösung beschrieben, bei der zur Ermittlung und Überwachung von Parametern einer Bestrahlungstherapie eine erste Aufnahme eines zu bestrahlenden Gewebes in einem Bild gebenden medizinischen Verfahren erstellt wird. Mittels der ersten Aufnahme wird eine erste Parametereinstellung der Bestrahlungseinrichtung vorgenommen. Mit dieser Parametereinstellung wird das Gewebe bestrahlt. Darüber hinaus wird mindestens eine weitere Aufnahme des zu bestrahlenden Gewebes erstellt. Anschließend wird ein automatischer Vergleich der Aufnahmen durchgeführt und bei Abweichungen ein Signal erzeugt.

[0005] Beispielsweise ist es bekannt, Bestrahlungen mittels so genannter hochenergetischer Linearbeschleuniger durchzuführen. Dabei ist die Vorgehensweise für die Planung von Tumorbestrahlungen mit Strahlungstherapieanlagen, beispielsweise mit Röntgentherapieanlagen, wie folgt: Zunächst wird mit einem Bild gebenden Verfahren eine Aufnahme, beispielsweise eine CT- oder Röntgenaufnahme, eines definierten Gebiets um den Tumor erstellt. Diese Aufnahme wird auf einem Bildschirm dargestellt. Dann wird der Tumor beziehungsweise das zu bestrahlende Gewebe kenntlich gemacht. Mittels eines Verfahrens, beispielsweise mittels einer geeigneten Software, wird ein Bestrahlungsplan erstellt. Die erstellten Aufnahmen werden mit den Werten, die aus dem Bestrahlungsplan errechnet wurden, überlagert, um dem Arzt direkt auf der Aufnahme die Dosis-Leistung im Patientenkörper anzuzeigen, beispielsweise durch Einzeichnung von Isodosiskurven/-oberflächen/-volumina.

[0006] Nachteil bei dieser bekannten Lösung ist, dass diese nicht auf niedrigenergetische Bestrah-

lungseinrichtungen beziehungsweise Bestrahlungsverfahren anwendbar ist. Die im Zusammenhang mit der Bestrahlung mittels Linearbeschleuniger geschilderte Vorgehensweise kann für niedrigenergetische Systeme und Anwendungen nicht übernommen werden. Niedrigenergetische Bestrahlungseinrichtungen werden häufig in intraoperativen Verfahren eingesetzt.

[0007] Bei einem System mit deutlich geringeren Strahlungsenergien, beispielsweise Röntgenenergien, als bei Linearbeschleunigern sind die physikalischen Wechselwirkungen mit dem zu bestrahlenden Gewebe dieser Art Strahlen durch ihre niedrigen Energien deutlich komplexer. Das heißt, unterschiedliche Gewebearten schwächen die Strahlen unterschiedlich stark. Das liegt beispielsweise an dem so genannten Photo- oder Comptoneffekt. Weiterhin handelt es sich bei niedrigenergetischen Systemen nicht um Systeme mit einer monochromatischen Strahlqualität. Vielmehr besitzen niedrigenergetische Systeme ein sehr komplexes Strahlenspektrum von 0 bis zur momentan maximalen Strahlenenergie von 50 keV. Das bedeutet, dass mit zunehmendem Eindringen der Strahlung des niedrigenergetischen Bestrahlungssystems ins Gewebe die Abschwächung sich auch bei homogenem Gewebe verändert, da sich das Strahlenspektrum mit zunehmender Absorption im Gewebe ändert.

[0008] Deshalb führt die im Zusammenhang mit Linearbeschleunigern bekannte Herangehensweise bei niedrigenergetischen Bestrahlungssystemen nicht zum Erfolg, denn es käme sonst dadurch zu großen Abweichungen der Berechnungen zum wahren Wert der Dosis im Patienten.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Gewebebehandlung mittels eines Bestrahlungsverfahrens bereitzustellen, bei dem eine direkte, insbesondere visuelle Bestrahlungsplanung im Zusammenhang mit einer niedrigenergetischen Bestrahlungseinrichtung beziehungsweise eines niedrigenergetischen Bestrahlungsverfahrens ermöglicht wird.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 sowie das Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 10. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich vollinhaltlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, und umgekehrt.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren stellt insbesondere eine Lösung für ein niedrigenergetisches Bestrahlungssystem beziehungsweise Bestrahlungsverfahren bereit, das eine direkte, insbesondere visuelle, Behandlungsplanung ermöglicht. Beispielsweise kann ein solches System beziehungsweise Verfahren in einem intraoperativen Verfahren eingesetzt werden. Ebenso kann ein solches System beziehungsweise Verfahren zur Behandlung von Oberflächen eingesetzt werden, beispielsweise außerhalb des Körpers. Dabei ist die Erfindung nicht auf die genannten Einsatzmöglichkeiten beschränkt.

[0012] Bevorzugt kann das erfindungsgemäße Verfahren beziehungsweise System im Zusammenhang mit einer Tumorbehandlung eingesetzt werden. Ebenso kann ein Einsatz auch unabhängig von einer Tumoroperation erfolgen.

[0013] Bei einem niedrigenergetischen Bestrahlungssystem beziehungsweise einem niedrigenergetischen Bestrahlungsverfahren handelt es sich insbesondere um ein System beziehungsweise Verfahren zur Radiotherapie eines Gewebebettes, beispielsweise eines Tumorbettes. Bei einem solchen Verfahren beziehungsweise mit einem solchen System wird insbesondere nach einer Resektion, beispielsweise einer Resektion eines Tumors, das Gewebebett, beispielsweise das Tumorbett, mit weichen Strahlen, insbesondere Röntgenstrahlen, bestrahlt. Dazu wird eine Abgabevorrichtung einer Strahlungsquelle, die vorzugsweise mit einem geeigneten Applikator richtiger Größe ausgestattet ist, in dem Gewebebett, beispielsweise dem Tumorbett, platziert. Durch die niedrigenergetische Anwendung kann direkt das gewünschte Zellgewebe bestrahlt werden, ohne dass zunächst durch gesundes Gewebe hindurchbestrahlt werden muss.

[0014] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum, insbesondere automatischen, Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Gewebebehandlung, insbesondere eine Tumorbehandlung, mittels einer niedrigenergetischen Bestrahlungseinrichtung bereitgestellt, wobei die niedrigenergetische Bestrahlungseinrichtung eine Strahlungsquelle zur Erzeugung einer weichen Strahlung, insbesondere einer Strahlung mit einem Spektrum von 0 bis zu einer maximalen Strahlungsenergie von 50 kV und eine Abgabeeinrichtung zur Abgabe der Strahlung an ein zu bestrahlendes Gewebe aufweist. Dabei ist die Erfindung nicht auf eine Strahlungsquelle bis 50 kV beschränkt. Vielmehr ist die vorliegende Erfindung allgemein gültig für den weichen Strahlungsbereich, insbesondere den weichen Röntgenbereich.

[0015] Die niedrigenergetische Bestrahlungseinrichtung weist somit zunächst eine Strahlungsquelle auf, bei deren Betrieb Strahlung, beispielsweise Röntgenstrahlung, entsteht. Die erzeugte Strahlung wird

über eine geeignete Abgabeeinrichtung auf das zu bestrahlende Gewebe gerichtet. Die Abgabeeinrichtung kann direkt an der Strahlungsquelle angeordnet und/oder ausgebildet, oder über eine Sondeneinrichtung mit der Strahlungsquelle verbunden sein. In der Regel werden in einer erfindungsgemäßen Bestrahlungseinrichtung auch so genannte Applikatoreinrichtungen eingesetzt. Eine Applikatoreinrichtung besteht beispielsweise aus einem Applikatorelement, das zur Aufnahme der Abgabeeinrichtung ausgebildet ist. Das bedeutet, dass die Abgabeeinrichtung, gegebenenfalls mit der Sondeneinrichtung, in das Applikatorelement eingeführt, beispielsweise eingeschoben, wird. Wird eine Applikatoreinrichtung eingesetzt, kann es sich beispielsweise auch bei der Applikatoreinrichtung um die Abgabeeinrichtung handeln.

[0016] Insbesondere kann die Abgabeeinrichtung so definiert werden, dass es sich um eine Einrichtung handelt, über die, beziehungsweise von der die Strahlung von der Bestrahlungseinrichtung an das zu bestrahlende Gewebe abgegeben wird.

[0017] Das Verfahren ist erfindungsgemäß durch folgende Schritte gekennzeichnet:

- physikalische Daten der Strahlungsquelle werden direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung ermittelt;
- Beschaffenheitsdaten des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, werden ermittelt;
- physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle werden ermittelt;
- aus den ermittelten Daten werden die Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbehandlung, erzeugt und/oder die ermittelten Daten werden zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung, insbesondere die Tumorbehandlung, bereitgestellt.

[0018] Dabei ist das erfindungsgemäß Verfahren nicht auf ein bestimmtes Ablaufschema, insbesondere der ersten drei Verfahrensschritte, beschränkt. Wichtig ist lediglich, dass die jeweiligen Daten ermittelt und dann anschließend weiterverarbeitet werden.

[0019] Bevorzugt läuft das erfindungsgemäße Verfahren computergestützt ab, so dass in diesem Fall vorzugsweise wenigstens eine Rechneinrichtung beziehungsweise wenigstens eine Datenverarbeitungsanlage vorgesehen ist, auf der das Verfahren abläuft.

[0020] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden physikalische Daten der Strahlungsquelle direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung ermittelt. Beispielsweise kann hierzu vorgesehen sein, dass als physikalische Daten der Strahlungsquelle das Spektrum der Strahlungsquelle direkt ab Verlassen

der Abgabeeinrichtung ermittelt wird. Beispielsweise kann das Spektrum der Strahlungsquelle direkt ab Verlassen der Spitze des Sonderelements beziehungsweise der Applikatoreinrichtung ermittelt werden. Die Werte des Spektrums beziehungsweise der Spektren können vorzugsweise durch geeignete Messungen erzeugt werden, deren Ergebnisse vorteilhaft in einer Datei oder Datenbank abgelegt werden. Denkbar sind beispielsweise auch so genannte Monte-Carlo-Rechnungen, die ab initio die Abstrahlcharakteristik der Röntgenquelle berechnen beziehungsweise simulieren. Die Datei beziehungsweise die Datenbank ist vorzugsweise in einer Speichereinrichtung abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann.

[0021] Weiterhin werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren Beschaffenheitsdaten des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, ermittelt. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Beschaffenheitsdaten des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, mittels eines Bild gebenden Verfahrens ermittelt werden. Beispielsweise können geeignete Aufnahmen erzeugt werden, etwa CT-Aufnahmen, Röntgenaufnahmen oder dergleichen. Um die Art des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes oder die Art des Gewebes in Tumorumgebung, vorzugsweise automatisch, zu ermitteln, können beispielsweise die zuvor aufgenommenen Aufnahmen, beispielsweise CT-Bilder oder Röntgenbilder, herangezogen werden. Denkbar ist, dass durch den jeweiligen Grauwert, vorzugsweise in Hounsfield-Einheiten, an jedem beliebigen Raumvolumen, dem so genannten Voxel, in der Gewebeumgebung, beispielsweise der Tumorumgebung, auf die jeweilige Absorption an dieser Stelle und damit auf die Gewebeart, zurückgeschlossen werden kann. Der Begriff Voxel bezeichnet dabei insbesondere ein Datenelement in einer dreidimensionalen Grafik. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise mittels des Bild gebenden Verfahrens zunächst eine Aufnahme des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, erzeugt werden. Die erzeugte Aufnahme wird dann vorzugsweise mittels eines Analyseverfahrens analysiert, beispielsweise hinsichtlich der jeweiligen Grauwerte. Aus den ermittelten Grauwerten wird dann die Gewebeart ermittelt und in Form von Beschaffenheitsdaten bereitgestellt. Beispielsweise kann der Zusammenhang zwischen Grauwert und Gewebeart als Datenbank oder in einer Datenbank vorliegen.

[0022] Weiterhin werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle ermittelt. Vorzugsweise wird als physikalische Eigenschaftsdaten des

ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient ermittelt. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass wenn für unterschiedliche Gewebearten der jeweilige Masse-Energie-Absorptionskoeffizient in Abhängigkeit der Energie $[\mu/p(E)]$ {Gewebeart} im weichen Strahlungsbereich, beispielsweise Röntgenbereich, schon bekannt ist, diese Werte beispielsweise in Form einer Tabelle in einer Datei oder Datenbank abgelegt oder im Internet abrufbar sind. Sind die jeweiligen Masse-Energie-Absorptionskoeffizienten in Abhängigkeit der Energie $[\mu/p(E)]$ {Gewebeart} für bestimmte Gewebearten noch nicht bekannt, können diese anhand der Gewebezusammensetzung aus den Masse-Energie-Absorptionskoeffizienten der jeweiligen Elemente $[\mu/p(E)]$ {Elemente} vorher berechnet und dann in dieser Tabelle abgelegt werden. Die Datei beziehungsweise die Datenbank ist vorzugsweise in einer Speichereinrichtung abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann. Die Werte können somit zur späteren, insbesondere automatischen, Verwendung beziehungsweise Berechnung in der Datei oder Datenbank abgelegt sein.

[0023] Anschließend werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren aus den ermittelten Daten die Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbearbeitung, erzeugt und/oder die ermittelten Daten werden zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbearbeitung, bereitgestellt. Bevorzugte, jedoch nicht ausschließliche Beispiele hierzu werden im weiteren Verlauf der Beschreibung in größerem Detail erläutert.

[0024] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es insbesondere ermöglicht, direkt, insbesondere visuell, die notwendigen Daten zur Planung einer Gewebebehandlung, beispielsweise einer Tumorbearbeitung, mit einem niedrigerenergetischen Bestrahlungssystem zusammen mit Beschaffenheitsdaten des Gewebes, beispielsweise mit CT-Aufnahmen oder Röntgenaufnahmen, anzugeben beziehungsweise darzustellen. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit insbesondere die Planung einer Gewebebehandlung, beispielsweise einer Tumorbearbeitung, mittels eines niedrigerenergetischen Bestrahlungssystems mit Berechnung und Anzeige der physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Effektivität des Systems.

[0025] Vorzugsweise kann aus den ermittelten Daten, insbesondere automatisch, die Dosis-Leistung für das zu bestrahlende Gewebe berechnet werden. Wird an einer bestimmten Stelle im Gewebe der Wert der dort bei einer Behandlung ankommenden Dosis-Leistung benötigt oder gewünscht, so kann diese mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens nunmehr

einfach berechnet werden, insbesondere dann, wenn das Spektrum an der Oberfläche der Abgabeeinrichtung oder der Applikatoreinrichtung, bekannt ist. Beispielsweise kann die Berechnung der absorbierten Dosis-Leistung an einem bestimmten Punkt aus dem Strahlungsspektrum und der Gewebeart an diesem Punkt erfolgen.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Ablauf der Berechnung derart sein, dass zur Berechnung der Dosis-Leistung der Verbindungsvektor zwischen dem Isozentrum der Strahlungs-Abgabeeinrichtung und dem Punkt des zu bestrahlenden Gewebes bestimmt wird; dass der Austrittspunkt des Verbindungsvektors an der Oberfläche der Strahlungs-Abgabeeinrichtung berechnet wird; dass das Wegstück zwischen dem Austrittspunkt und dem Punkt des zu bestrahlenden Gewebes berechnet wird; dass dazugehörige Raumvolumina in den Beschaffungsdaten des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, entlang des berechneten Wegstücks ermittelt werden; dass die Gewebearten und deren Position und/oder Ausdehnung entlang des berechneten Wegstücks ermittelt werden; dass das Strahlungsspektrum, das nach erfolgter Transmission entlang des berechneten Wegstücks am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes vorliegt, berechnet wird; und dass die Dosis-Leistung am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes aus dem Strahlungsspektrum und der Gewebeart am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes berechnet wird.

[0027] Dies soll anhand eines konkreteren Ausführungsbeispiels verdeutlicht werden:

Wird an einer bestimmten Stelle im Gewebe G der Wert der dort bei einer Behandlung ankommenden Dosis-Leistung D gewünscht, so könnte der Ablauf der Berechnung durch das erfindungsgemäße Verfahren folgendermaßen ablaufen, wobei in diesem Beispiel das Spektrum an der Oberfläche der Abgabeeinrichtung bekannt sein muss:

Zunächst wird der Verbindungsvektor zwischen dem Isozentrum I einer Röntgensystems XRS und dem Punkt G bestimmt. Dann wird der Austrittspunkt A des Verbindungsvektors an der Oberfläche der Abgabeeinrichtung berechnet. Anschließend werden das Wegstück A hin zu G und die dazugehörigen Voxel in den zuvor durchgeführten Aufnahmen, beispielsweise in CT-Aufnahmen, entlang dieses Wegstücks berechnet. Weiterhin erfolgt die Berechnung beziehungsweise Ermittlung der Gewebearten und deren jeweilige Position beziehungsweise Ausdehnung entlang des Wegstücks A hin zu G beziehungsweise in den ermittelten Voxeln. Weiterhin wird das Strahlungsspektrum, beispielsweise das Röntgenspektrum, S berechnet, das nach erfolgter Transmission entlang des Wegstücks A hin zu G am Endpunkt G vorliegt. Es erfolgt die Berechnung der absorbierten Dosis-Leistung D am Punkt G aus dem

Strahlungsspektrum S und der Gewebeart an diesem Punkt. Damit wird die physikalische Effektivität bekannt.

[0028] Vorzugsweise können weitere physikalische und/oder biologische und/oder medizinische Daten erzeugt und/oder ermittelt und/oder bereitgestellt werden, wobei die weiteren physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Daten zur Erzeugung der Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbehandlung, verwendet und/oder zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbehandlung, bereitgestellt werden.

[0029] Beispielsweise können als biologische Werte die RBE (Relative Biological Effectiveness) und als medizinische Werte die Wahrscheinlichkeit eines Wiederauftretens des Tumors (Probability of Recurrence), nach Wunsch an jeder beliebigen Stelle im Gewebe, berechnet und vorzugsweise angezeigt, beispielsweise eingeblendet, werden.

[0030] Um das Problem der Vergleichbarkeit der niedrigenergetischen Behandlung mit anderen Behandlungsformen, beispielsweise einer Bestrahlung durch Linearbeschleuniger, zu lösen, kann zusätzlich mit Hilfe der weiter oben beschriebenen Aufnahmen, beispielsweise mit Hilfe von CT-Bildern oder Röntgenbildern, diejenige Fläche beziehungsweise dasjenige Volumen, beispielsweise mit Hilfe der weiter oben genannten Hounsfield-Skala, berechnet und danach in der Aufnahme zur Information des Anwenders eingeblendet werden, in dem die gleiche Behandlungseffektivität durch das niedrigenergetische System im Vergleich mit anderen Behandlungsformen gewährleistet wird. Zu denken ist hierbei beispielsweise an die so genannten „Sphere of Equivalence“. Diese ist beispielsweise in dem Aufsatz „Carsten Herskind, Jürgen Griebel, Uta Kraus-Tiefenbacher, Frederik Wenz – Sphere of Equivalence – a novel Target volume concept for intraoperative radiotherapy using low-energy X rays – in Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol.72 No. 5, pp 1575–1581 aus dem Jahr 2008“ beschrieben, dessen Offenbarungsgehalt insoweit in die Beschreibung der vorliegenden Erfindung mit einbezogen wird. Diese Sphere-of-Equivalence-Werte können vorzugsweise in der Aufnahme, beispielsweise im CT-Bild oder Röntgenbild, dargestellt werden.

[0031] In bevorzugter Ausführung können die ermittelten und/oder berechneten Daten und/oder die Daten für die Gewebebehandlung, beispielsweise die Tumorbehandlung, visuell auf einem Bildschirm dargestellt werden.

[0032] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die physikalischen Daten der Strahlungsquelle und/oder die physikalischen Eigenschaftsdaten des er-

mittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle und/oder die weiteren physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Daten zusammen mit den Beschaffenheitsdaten des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes und/oder des Gewebes in Tumorumgebung, insbesondere in diese eingeblendet, visuell dargestellt werden.

[0033] Durch das wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren wird es insbesondere möglich, direkt visuell die notwendigen Daten zur Planung der Gewebebehandlung, insbesondere der Tumorbehandlung, mit dem niedrigerenergetischen Bestrahlungssystem auf einem Bildschirm zusammen mit, oder eingeblendet in, CT-Aufnahmen oder Röntgenaufnahmen des Gewebes, beispielsweise des Tumorgewebes, mit Gewebeumgebung darzustellen. Die eingeblendeten Daten können den verschiedenen Anwendern wichtige Informationen bezüglich der physikalischen/biologischen/medizinischen Effektivität des Systems beziehungsweise der Behandlung liefern, die ansonsten nur sehr umständlich vom Anwender selbst berechnet werden müsste.

[0034] Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann nicht nur die Dosis-Leistung im Gewebe berechnet werden. Auch können diese Daten in einer Aufnahme des Gewebes eingeblendet werden. Zusätzlich können auch noch weitere biologische/medizinische Daten/Informationen berechnet und mit eingeblendet werden.

[0035] Das erfindungsgemäße Verfahren basiert insbesondere auf der Kenntnis über die physikalischen Eigenschaften der Strahlung des niedrigerenergetischen Bestrahlungssystems, beispielsweise das Spektrum, und die physikalische Eigenschaft verschiedener Gewebearten in Verbindung mit der Strahlung des niedrigerenergetischen Bestrahlungssystems, beziehungsweise mit weichen Röntgenstrahlen, das heißt das energieabhängige Absorptionsverhalten und dergleichen von Gewebe mit Röntgenstrahlung bis 50 kV. Weiterhin basiert das Verfahren insbesondere auch auf der Kenntnis über die Aufnahme, beispielsweise das CT-Bild oder das Röntgenbild, der betroffenen Gewebeumgebung, beispielsweise der Tumorumgebung, mit Zuordnung der Graustufen der Bildpixel in der Aufnahme mit jeweiligen Gewebearten, beispielsweise auf Basis der Hounsfield-Skala.

[0036] Eine Berechnung in 3D ist nicht unbedingt erforderlich. Grundsätzlich ist ein Schnittbild in 2D ebenfalls ausreichend.

[0037] Bei ausschließlich homogenem Gewebe, beispielsweise bei einer Nur-Brustbehandlung, muss das Verfahren nicht unbedingt die Fähigkeit besitzen, heterogenes Gewebe zu berechnen. Hier würde die Berechnung von homogenem Gewebe genügen.

[0038] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Computerprogramm bereitgestellt, das, wenn es auf einer Datenverarbeitungsanlage läuft oder in eine solche geladen wird, mit der Datenverarbeitungsanlage derart zusammenwirkt, dass auf der Datenverarbeitungsanlage das wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt wird.

[0039] Bei dem Computerprogrammprodukt handelt es sich vorzugsweise um ein solches für ein niedrigerenergetisches Bestrahlungssystem mit Berechnung und Anzeige der physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Effektivität des Systems.

[0040] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

[0041] [Fig. 1](#) in schematischer Darstellung eine niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung, mit der ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine intraoperative Tumorbehandlung durchgeführt werden kann;

[0042] [Fig. 2](#) in schematischer Darstellung eine niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung, mit der ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Gewebebehandlung an der Oberfläche durchgeführt werden kann; und

[0043] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung, wie die Dosis-Leistung für ein zu bestrahlendes Gewebe an einem bestimmten Punkt G berechnet werden kann.

[0044] In [Fig. 1](#) ist eine niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung **10** dargestellt, die zur intraoperativen Bestrahlung von Gewebe nach einer Brust-Tumorentfernung eingesetzt werden kann.

[0045] Die niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung **10** weist eine Einrichtung **11** zum Erzeugen eines Elektronenstrahls und einen sich daran anschließenden Strahldeflektor **12** auf. Weiterhin vorgesehen ist eine Führungseinrichtung **13** zur Führung eines erzeugten Elektronenstrahls hin zu einer Strahlungsquelle **14**. Die Strahlungsquelle **14**, die beispielsweise über ein Gold-Target verfügen kann, erzeugt eine niedrigerenergetische weiche Strahlung, beispielsweise mit einem Spektrum von 0 bis zu einer maximalen Strahlungsenergie von 50 kV. Die von der Strahlungsquelle **14** erzeugte Strahlung kann über eine Abgabereinrichtung **15** auf ein zu bestrahlendes Gewebe gerichtet werden. Dabei kann die Strahlung gezielt in das vorbestimmte Gewebe abgegeben werden. Für die gezielte Positionierung der Strahlungsquelle **14** im Tumorbett beziehungsweise am Ort der Bestrahlung ist eine Applikatoreinrichtung **16** vorge-

sehen, bei der es sich im dargestellten Beispiel um einen Ballonapplikator handelt.

[0046] Die Bestrahlungseinrichtung **10** soll dazu dienen, Gewebe **17** in der Tumorumgebung bei einer Brustbestrahlung zu bestrahlen. Zunächst wird der Tumor operativ entfernt. Anschließend wird die Applikatoreinrichtung **16** am Bestrahlungsort eingeführt.

[0047] Danach wird die Strahlungsquelle **14** in die Applikatoreinrichtung **16** eingeführt, wobei die Strahlungsquelle **14** mittels der Applikatoreinrichtung **16** genau positioniert werden kann.

[0048] Die Erzeugung und Bereitstellung der erforderlichen Daten für die Tumorbehandlung erfolgt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, dessen Ablauf nachfolgend im Detail erläutert wird. Zum besseren Verständnis sind diejenigen Komponenten in der Zeichnung, die den Ablauf des Verfahrens betreffen, gestrichelt dargestellt.

[0049] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Tumorbehandlung mittels der niedrigerenergetischen Bestrahlungseinrichtung **10** bereitgestellt. Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Rechneinheit **20** vorgesehen.

[0050] Dazu werden physikalische Daten der Strahlungsquelle **14** direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung **15** ermittelt. Beispielsweise kann hierzu vorgesehen sein, dass als physikalische Daten der Strahlungsquelle **14** das Spektrum der Strahlungsquelle **14** direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung **15** ermittelt wird, was durch die Verbindungslinie **21** verdeutlicht ist. Die Werte des Spektrums beziehungsweise der Spektren können vorzugsweise durch geeignete Messungen erzeugt werden, deren Ergebnisse vorteilhaft in einer Datei oder Datenbank abgelegt werden. Die Datei beziehungsweise die Datenbank sind in einer Speichereinrichtung **22** abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit **20**, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann.

[0051] Weiterhin werden Beschaffenheitsdaten des Gewebes **17** in Tumorumgebung ermittelt. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Beschaffenheitsdaten des Gewebes **17** in Tumorumgebung mittels einer Einrichtung **23** zur Durchführung eines bildgebenden Verfahrens erzeugt werden, was durch die Verbindungslinie **24** verdeutlicht ist. Beispielsweise können mittels der Einrichtung **23** geeignete Aufnahmen erzeugt werden, etwa CT-Aufnahmen, Röntgenaufnahmen oder dergleichen. Um die Art des Gewebes **17** in Tumorumgebung, vorzugsweise automatisch, zu ermitteln, können beispielsweise die zuvor aufgenommenen Aufnahmen, beispielsweise CT-Bilder oder Röntgenbilder, herangezogen werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise mittels des bildgebenden Verfahrens zunächst eine Aufnahme des Gewebes **17** in Tumorumgebung erzeugt werden. Die erzeugte Aufnahme wird dann auf eine Analyseeinrichtung **25** innerhalb der Rechneinheit **20** übertragen, was durch die Verbindungslinie **26** verdeutlicht ist, und in der Analyseeinrichtung **25** mittels eines Analyseverfahrens analysiert, beispielsweise hinsichtlich der jeweiligen Grauwerte. Aus den ermittelten Grauwerten wird dann in der Rechneinheit **20** die Gewebeart ermittelt und in Form von Beschaffenheitsdaten bereitgestellt.

[0052] Weiterhin werden physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle **14** ermittelt. Vorzugsweise wird hierzu der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient ermittelt.

[0053] Insbesondere ist vorgesehen, dass für unterschiedliche Gewebearten der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient in Abhängigkeit der Energie $[\mu/p(E)]$ {Gewebeart} im weichen Strahlungsbereich, beispielsweise Röntgenbereich, bekannt ist. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass Masse-Energie-Absorptionskoeffizienten für verschiedene Gewebearten in einer Datei oder Datenbank abgelegt werden beziehungsweise sind. Die Datei beziehungsweise die Datenbank ist vorzugsweise in einer Speichereinrichtung **27** abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit **20**, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann.

[0054] Anschließend werden aus den ermittelten Daten die Daten **28** für die Tumorbehandlung erzeugt und/oder die ermittelten Daten werden zur Erzeugung von Daten für die Tumorbehandlung bereitgestellt. Vorzugsweise kann aus den ermittelten Daten, insbesondere automatisch, die Dosis-Leistung für das zu bestrahlende Gewebe berechnet werden.

[0055] Die ermittelten und/oder berechneten Daten und/oder die Daten für die Tumorbehandlung werden visuell auf einem Bildschirm **29** dargestellt. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die physikalischen Daten der Strahlungsquelle **14** und/oder die physikalischen Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle **14** und/oder weitere physikalische und/oder biologische und/oder medizinische Daten zusammen mit den Beschaffenheitsdaten des Gewebes in Tumorumgebung, insbesondere in diese eingeblendet, visuell dargestellt werden.

[0056] In [Fig. 2](#) ist eine niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung **10** dargestellt, die zur Bestrahlung von Gewebe an der Körperoberfläche eingesetzt wird.

[0057] Die niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung **10** weist eine Einrichtung **11** zum Erzeugen eines Elektronenstrahls und einen sich daran anschließenden Strahldeflektor **12** auf. Weiterhin vorgesehen ist eine Führungseinrichtung **13** zur Führung eines erzeugten Elektronenstrahls hin zu einer Strahlungsquelle **14**. Die Strahlungsquelle **14**, die beispielsweise über ein Gold-Target verfügen kann, erzeugt eine niedrigerenergetische weiche Strahlung, beispielsweise mit einem Spektrum von 0 bis zu einer maximalen Strahlungsenergie von 50 kV. Die von der Strahlungsquelle **14** erzeugte Strahlung kann über eine Abgabereinrichtung **15** auf ein zu bestrahlendes Gewebe **17** gerichtet werden. Dabei kann die Strahlung gezielt in das vorbestimmte Gewebe abgegeben werden.

[0058] Wie in [Fig. 2](#) weiter dargestellt ist, ist eine Applikatoreinrichtung **16** vorgesehen, bei der es sich um einen Oberflächenapplikator handelt, so dass eine Bestrahlung von Gewebe **17** auch außerhalb des Körpers, auch unabhängig von einer Tumoreroperation, durchgeführt werden kann. Im Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) wird die Strahlung nicht intraoperativ eingebracht, wie dies im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) verdeutlicht ist. Vielmehr wird die Strahlung auf die zu bestrahlende Oberfläche appliziert. Um mit der Applikatoreinrichtung **16** verschiedene Strahlcharakteristiken erzeugen zu können, beispielsweise um unterschiedlich tief in ein zu bestrahlendes Gewebe **17** einstrahlen zu können, weist die Applikatoreinrichtung **16** in dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ein Element **18** zur Strahlbeeinflussung auf. Das Element **18** zur Strahlbeeinflussung ist vorteilhaft als Linse zur Veränderung der Strahlcharakteristik ausgebildet. Es ist bevorzugt auswechselbar, das heißt lösbar, an der Applikatoreinrichtung **16** angeordnet. Von der Strahlungsquelle **14** wird die Strahlung über das Strahlbeeinflussungselement **18** auf die zu bestrahlende Gewebeoberfläche **17** appliziert.

[0059] Das in der [Fig. 2](#) dargestellte und vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel eignet sich beispielsweise auch zur Bestrahlung von oberflächlichen Läsionen oder Tumoren, insbesondere auf der Haut oder auf der Oberfläche von Organen.

[0060] Die Erzeugung und Bereitstellung der erforderlichen Daten für die Gewebebehandlung erfolgt wiederum mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, dessen Ablauf nachfolgend im Detail erläutert wird. Zum besseren Verständnis sind auch in [Fig. 2](#) diejenigen Komponenten in der Zeichnung, die den Ablauf des Verfahrens betreffen, gestrichelt dargestellt.

[0061] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten für eine Tumorbehandlung mittels der niedrigerenergetischen Bestrahlungseinrichtung **10** bereit-

gestellt. Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Rechneinheit **20** vorgesehen.

[0062] Dazu werden physikalische Daten der Strahlungsquelle **14** direkt ab Verlassen der Abgabereinrichtung **15** ermittelt. Beispielsweise kann hierzu vorgesehen sein, dass als physikalische Daten der Strahlungsquelle **14** das Spektrum der Strahlungsquelle **14** direkt ab Verlassen der Abgabereinrichtung **15** ermittelt wird, was durch die Verbindungslinie **21** verdeutlicht ist. Die Werte des Spektrums beziehungsweise der Spektren können vorzugsweise durch geeignete Messungen erzeugt werden, deren Ergebnisse vorteilhaft in einer Datei oder Datenbank abgelegt werden. Die Datei beziehungsweise die Datenbank sind in einer Speichereinrichtung **22** abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit **20**, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann.

[0063] Weiterhin werden Beschaffenheitsdaten des zu bestrahlenden Gewebes **17** ermittelt. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Beschaffenheitsdaten des Gewebes **17** mittels einer Einrichtung **23** zur Durchführung eines Bild gebenden Verfahrens erzeugt werden, was durch die Verbindungslinie **24** verdeutlicht ist. Beispielsweise können mittels der Einrichtung **23** geeignete Aufnahmen erzeugt werden, etwa CT-Aufnahmen, Röntgenaufnahmen oder dergleichen. Um die Art des zu bestrahlenden Gewebes **17**, vorzugsweise automatisch, zu ermitteln, können beispielsweise die zuvor aufgenommenen Aufnahmen, beispielsweise CT-Bilder oder Röntgenbilder, herangezogen werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise mittels des Bild gebenden Verfahrens zunächst eine Aufnahme des Gewebes erzeugt werden. Die erzeugte Aufnahme wird dann auf eine Analyseinrichtung **25** innerhalb der Rechneinheit **20** übertragen, was durch die Verbindungslinie **26** verdeutlicht ist, und in der Analyseinrichtung **25** mittels eines Analyseverfahrens analysiert, beispielsweise hinsichtlich der jeweiligen Grauwerte. Aus den ermittelten Grauwerten wird dann in der Rechneinheit **20** die Gewebeart ermittelt und in Form von Beschaffenheitsdaten bereitgestellt.

[0064] Weiterhin werden physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle **14** ermittelt. Vorzugsweise wird hierzu der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient ermittelt. Insbesondere ist vorgesehen, dass für unterschiedliche Gewebearten der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient in Abhängigkeit der Energie $[\mu/p(E)]$ {Gewebeart} im weichen Strahlungsbereich, beispielsweise Röntgenbereich, bekannt ist. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass Masse-Energie-Absorptionskoeffizienten für verschiedene Gewebearten in einer Datei oder Datenbank abgelegt werden beziehungsweise sind.

Die Datei beziehungsweise die Datenbank ist vorzugsweise in einer Speichereinrichtung **27** abgespeichert, auf die das Verfahren, beziehungsweise die Rechneinheit **20**, auf der das Verfahren abläuft, zugreift beziehungsweise zugreifen kann.

[0065] Anschließend werden aus den ermittelten Daten die Daten **28** für die Gewebebehandlung erzeugt und/oder die ermittelten Daten werden zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung bereitgestellt. Vorzugsweise kann aus den ermittelten Daten, insbesondere automatisch, die Dosis-Leistung für das zu bestrahlende Gewebe berechnet werden.

[0066] Die ermittelten und/oder berechneten Daten und/oder die Daten für die Gewebebehandlung werden visuell auf einem Bildschirm **29** dargestellt. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die physikalischen Daten der Strahlungsquelle **14** und/oder die physikalischen Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle **14** und/oder weitere physikalische und/oder biologische und/oder medizinische Daten zusammen mit den Beschaffenheitsdaten des zu bestrahlenden Gewebes, insbesondere in diese eingeblendet, visuell dargestellt werden.

[0067] In [Fig. 3](#) ist schematisch dargestellt, wie die Dosis-Leistung für ein zu bestrahlendes Gewebe an einem bestimmten Punkt G berechnet werden kann. Wird an einem bestimmten Punkt G im Gewebe der Wert der dort bei einer Behandlung ankommenden Dosis-Leistung benötigt oder gewünscht, so kann diese mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens nunmehr einfach berechnet werden.

[0068] Wird an einer bestimmten Stelle im Gewebe G, die sich in einem Tumorgewebe oder im Umgebungsbereich des Tumorgewebes befinden kann, der Wert der dort bei einer Behandlung ankommenden Dosis-Leistung D gewünscht, so könnte der Ablauf der Berechnung durch das erfindungsgemäße Verfahren folgendermaßen ablaufen, wobei in diesem Beispiel das Spektrum an der Oberfläche der Abgabereinrichtung bekannt sein muss:

Zunächst wird der Verbindungsvektor V zwischen dem Isocentrum I im Bereich der Spitze der Strahlungsquelle **14** – hier einer Röntgenquelle –, die sich innerhalb einer Applikatoreinrichtung **16** befindet, und dem Punkt G bestimmt. Dann wird der Austrittspunkt A des Verbindungsvektors V an der Oberfläche der Abgabereinrichtung, bei der es sich im Beispiel um die Applikatoreinrichtung handelt, berechnet. Anschließend werden das Wegstück A hin zu G durch verschiedene Gewebearten **1, 2, 3** und **4** und die dazugehörigen Voxel in den zuvor durchgeführten Aufnahmen, beispielsweise in CT-Aufnahmen, entlang dieses Wegstücks berechnet. Weiterhin erfolgt die Berechnung beziehungsweise Ermittlung der Ge-

webearten **1, 2, 3** und **4** und deren jeweilige Position beziehungsweise Ausdehnung entlang des Wegstücks A hin zu G beziehungsweise in den ermittelten Voxeln. Weiterhin wird das Strahlungsspektrum, beispielsweise das Röntgenspektrum, berechnet, das nach erfolgter Transmission entlang des Wegstücks A hin zu G am Endpunkt G vorliegt. Es erfolgt die Berechnung der absorbierten Dosis-Leistung D am Punkt G aus dem Strahlungsspektrum S und der Gewebeart an diesem Punkt. Damit wird die physikalische Effektivität bekannt.

Bezugszeichenliste

10	Niedrigenergetische Bestrahlungseinrichtung
11	Einrichtung zum Erzeugen eines Elektronenstrahls
12	Strahldeflektor
13	Führungseinrichtung zum Führen des Elektronenstrahls
14	Strahlungsquelle
15	Abgabereinrichtung
16	Applikatoreinrichtung
17	Gewebe in Tumorumgebung/zu bestrahlendes Gewebe
18	Element zur Strahlbeeinflussung
20	Rechneinheit
21	Ermittlung des Spektrums der Strahlungsquelle
22	Speichereinrichtung mit physikalischen Daten der Strahlungsquelle
23	Einrichtung zur Durchführung eines bildgebenden Verfahrens
24	Erzeugung von Beschaffenheitsdaten des Gewebes
25	Analyseeinrichtung
26	Übertragung von Beschaffenheitsdaten
27	Speichereinrichtung mit Masse-Energie-Absorptionskoeffizienten unterschiedlicher Gewebearten
28	Daten für die Tumorbehandlung
29	Bildschirm

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102004039191 A1 [\[0004\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- "Carsten Herskind, Jürgen Griebel, Uta Kraus-Tiefenbacher, Frederik Wenz – Sphere of Equivalence – a novel Target volume concept for intraoperative radiotherapy using low-energy X rays – in Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol.72 No. 5, pp 1575–1581 aus dem Jahr 2008" [\[0030\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen und/oder Bereitstellen von Daten (28) für eine Gewebebehandlung mittels einer niedrigerenergetischen Bestrahlungseinrichtung (10), wobei die niedrigerenergetische Bestrahlungseinrichtung (10) eine Strahlungsquelle (14) zur Erzeugung einer weichen Strahlung, insbesondere einer Strahlung mit einem Spektrum von 0 bis zu einer maximalen Strahlungsenergie von 50 kV und eine Abgabeeinrichtung (15) zur Abgabe der Strahlung an ein zu bestrahlendes Gewebe aufweist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- physikalische Daten der Strahlungsquelle (14) direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung (15) werden ermittelt;
- Beschaffenheitsdaten des Gewebes (17) werden ermittelt;
- physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle (14) werden ermittelt;
- aus den ermittelten Daten werden die Daten (28) für die Gewebebehandlung erzeugt und/oder die ermittelten Daten werden zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung bereitgestellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als physikalische Daten der Strahlungsquelle (14) das Spektrum der Strahlungsquelle (14) direkt ab Verlassen der Abgabeeinrichtung (15) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschaffenheitsdaten Gewebes (17) mittels eines Bild gebenden Verfahrens ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als physikalische Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle (14) der Masse-Energie-Absorptionskoeffizient ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass aus den ermittelten Daten die Dosis-Leistung für das zu bestrahlende Gewebe berechnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet dass zur Berechnung der Dosis-Leistung der Verbindungsvektor zwischen dem Isozentrum der Strahlungs-Abgabeeinrichtung (15) und dem Punkt des zu bestrahlenden Gewebes bestimmt wird; dass der Austrittspunkt des Verbindungsvektors an der Oberfläche der Strahlungs-Abgabeeinrichtung (15) berechnet wird; dass das Wegstück zwischen dem Austrittspunkt und dem Punkt des zu bestrahlenden Gewebes berechnet wird;

dass dazugehörige Raumvolumina in den Beschaffenheitsdaten des Gewebes (17) entlang des berechneten Wegstücks ermittelt werden;

dass die Gewebearten und deren Position und/oder Ausdehnung entlang des berechneten Wegstücks ermittelt werden;

dass das Strahlungsspektrum, das nach erfolgter Transmission entlang des berechneten Wegstücks am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes vorliegt, berechnet wird; und

dass die Dosis-Leistung am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes aus dem Strahlungsspektrum und der Gewebeart am Punkt des zu bestrahlenden Gewebes berechnet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass weitere physikalische und/oder biologische und/oder medizinische Daten erzeugt und/oder ermittelt und/oder bereitgestellt werden und dass die weiteren physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Daten zur Erzeugung der Daten (28) für die Gewebebehandlung verwendet und/oder zur Erzeugung von Daten für die Gewebebehandlung bereitgestellt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Daten und/oder die Daten (28) für die Gewebebehandlung visuell auf einem Bildschirm (29) dargestellt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die physikalischen Daten der Strahlungsquelle (14) und/oder die physikalischen Eigenschaftsdaten des ermittelten Gewebes in Verbindung mit der Strahlung der Strahlungsquelle (14) und/oder die weiteren physikalischen und/oder biologischen und/oder medizinischen Daten zusammen mit den Beschaffenheitsdaten Gewebes (17), insbesondere in diese eingeblendet, visuell dargestellt werden.

10. Computerprogrammprodukt, das, wenn es auf einer Datenverarbeitungsanlage läuft oder in eine solche geladen wird, mit der Datenverarbeitungsanlage derart zusammenwirkt, dass auf der Datenverarbeitungsanlage das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeführt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

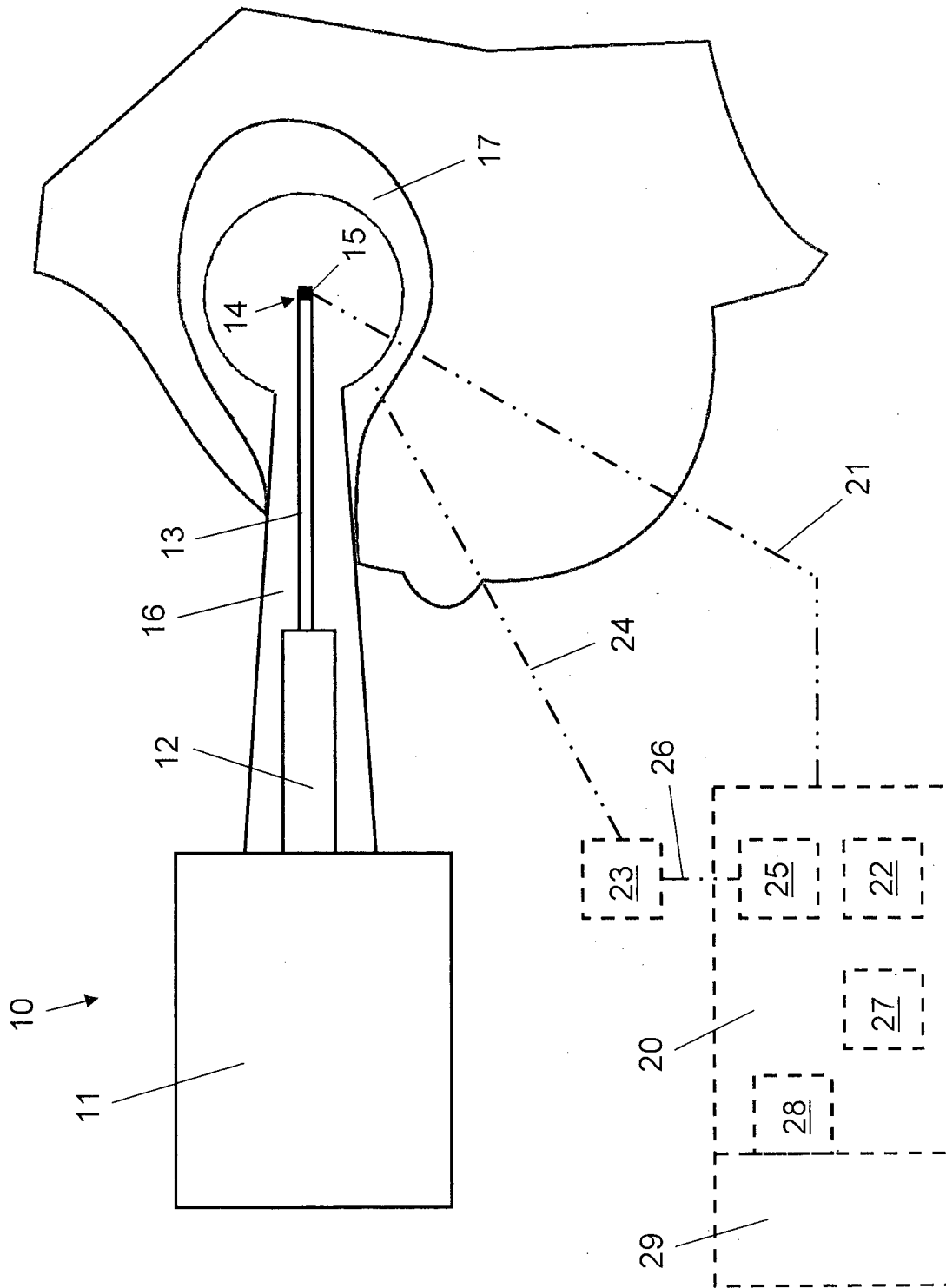


Fig.2

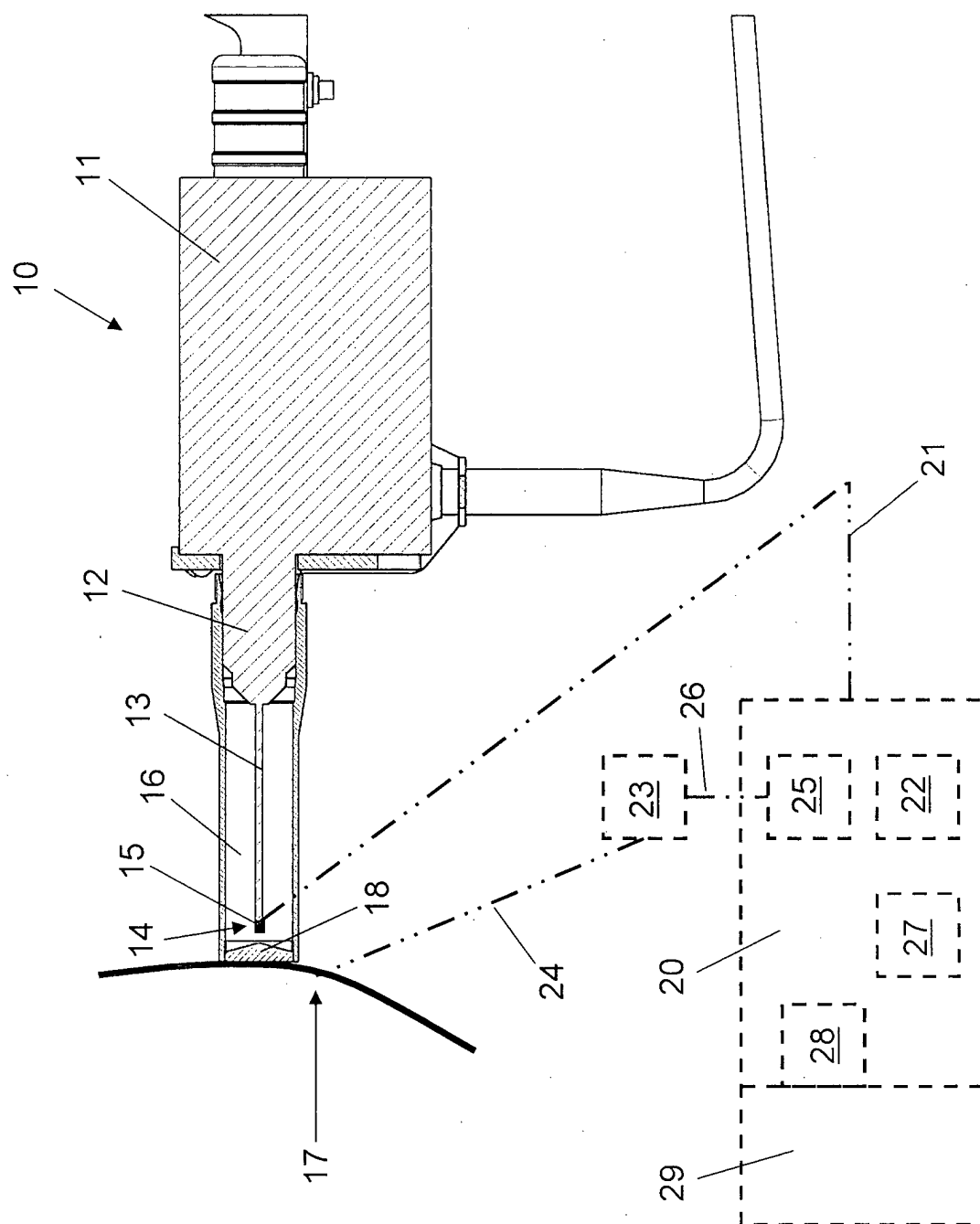


Fig.3

