



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 037 778.8**
(22) Anmeldetag: **11.08.2006**
(43) Offenlegungstag: **14.02.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.02.2011**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00** (2006.01)
A61B 17/00 (2006.01)
G01B 11/00 (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 AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE

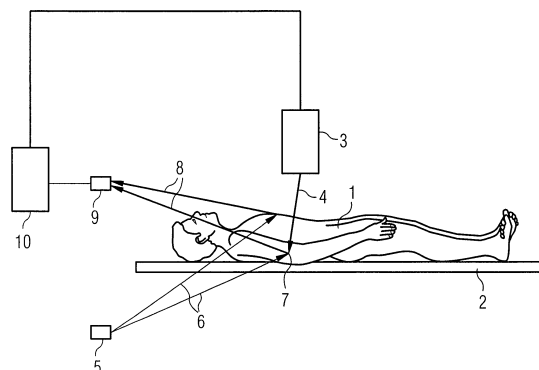
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 102 32 690 A1
US 2004/00 02 641 A1
US 50 98 426 A

(54) Bezeichnung: **Anordnung und Verfahren zur Bewegungskompensation von Patienten während Eingriffen**

(57) Hauptanspruch: Anordnung zur Intervention an einem Patientenkörper (1), aufweisend:

- eine Interventionsvorrichtung (3) zur Vornahme eines Eingriffs am Patientenkörper;
- zumindest eine Beleuchtungseinrichtung (5), die ein vorbestimmtes Muster zumindest auf denjenigen Bereich (7) des Patientenkörpers, an dem der Eingriff vorgenommen werden soll, projiziert, wobei das Muster ein Raster ist, das zusätzliche Zeichen aufweist, die eine Identifikation einzelner Elemente innerhalb des Rasters aufgrund einer dann erfolgenden optischen Zeichenerkennung ermöglichen;
- zumindest eine optische Erfassungsvorrichtung (9) zur Aufzeichnung von zweidimensionalen elektronischen Abbildungen des Projektionsmusters (8) auf dem Patientenkörper (1);
- eine Recheneinheit (10), die dreidimensionale Modelle des Patientenkörpers (1) aus den zweidimensionalen Abbildungen, einem vorbekannten Aufbau des Musters und den Positionen von Beleuchtungseinrichtung (5) und Erfassungsvorrichtung (9) relativ zum Patientenkörper (1) berechnet, sowie Bewegungen des Patientenkörpers anhand von aus zeitlich aufeinanderfolgenden Abbildungen berechneten dreidimensionalen Modellen feststellt; und
- eine Kompensationseinheit, die zur Kompensation der berechneten Bewegungen des...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Intervention an einem Patientenkörper mit Bewegungskompensation sowie ein Verfahren zur Kompensation von Bewegungen eines Patientenkörpers während eines Eingriffs durch eine beispielsweise automatisiert ablaufende Interventionsvorrichtung.

[0002] Im Stand der Technik ist eine wachsende Anzahl medizinischer Interventionen bekannt, bei denen mit Hilfe automatischer oder halbautomatischer Vorrichtungen medizinische Interventionen im diagnostischen oder therapeutischen Bereich durchgeführt werden. Typische Anwendungsbereiche sind mikroinvasive chirurgische Eingriffe, Bestrahlungen von Tumoren oder Punktionen zur Biopsie oder Ultraschall-Erfassung vorbestimmter Bereiche des Körpers. Bei einer vollautomatischen Interventions-Vorrichtung erfolgt die gesamte Intervention computer-gesteuert unter Zugrundelegung von vorab bestimmten Daten über den Patientenkörper, teilweise auch mit in Echtzeit-Darstellung durchgeführten bildgebenden Verfahren. Bei halbautomatischen Verfahren führt ein Mensch die Intervention durch, wobei er sich jedoch gerade im bildgebenden Bereich auf gewonnene Informationen stützt und lediglich indirekt, das heißt über die Interventions-Vorrichtung den Eingriff vornimmt. Ein typisches Beispiel für letztere Vorgehensweise findet sich in der videokontrollierten Kleinst-Gefäß-Chirurgie, die mittels spezieller Manipulatoren und Video-Mikroskopen durchgeführt wird.

[0003] Bei zahlreichen solcher medizinischer Interventionen wird zuerst eine Aufnahme des Patienten erstellt, aus der ein dreidimensionaler Datensatz bzw. ein Modell berechnet wird, der den Teil des Körpers beschreibt, an dem der Eingriff vorgenommen werden soll. Anschließend wird die Intervention, wie beispielsweise eine Punktion, eine Drainage, eine Ablation oder eine Bestrahlung auf der Basis dieses ermittelten Datensatzes vorgenommen. Jedoch stellt sich das Problem, dass sich aufgrund von Herzschlag, Atmung, Peristaltik oder unwillkürlichen oder willkürlichen Bewegungen des Patienten das Interventionsgebiet sowohl an der Oberfläche als auch im Inneren des Patientenkörpers ständig verändert, wodurch es von den vorab aufgenommenen Daten und dem berechneten Modell des Patientenkörpers abweicht. Dies führt zu Ungenauigkeiten bei der Intervention oder macht sie sogar unmöglich.

[0004] Es existieren im Stand der Technik verschiedene Ansätze, diese Bewegungen zu kompensieren. Dazu können beispielsweise Markierungen auf dem Körper des Patienten befestigt werden, deren Lage im Raum genau verfolgt wird. Daraus kann unter bestimmten Modellannahmen näherungsweise berechnet werden, wie sich die Lage des Interventionsgebietes verändert. Dabei steigt die Genauigkeit mit der

Anzahl der Markierungen. Allerdings steigen dann auch der Aufwand und die Komplexität des Systems, die Mühe bei der Anbringung der Markierungen und deren Einlesen etc.

[0005] Alternativ können Sensoren direkt in ein zu behandelndes Organ implantiert werden, welche Bewegungen mitmachen und durch ihre externe Erkennung mittels geeigneter bildgebender Verfahren eine Kompensation dieser Bewegungen ermöglichen. Auch dieses Verfahren ist aufwendig und mit zusätzlichen Risiken für den Patienten behaftet.

[0006] Die US 5,098,426 A offenbart ein System zur Durchführung von chirurgischen Eingriffen durch Laser am Auge. Der Operateur kann den Vorgang mittels eines chirurgischen Mikroskops steuern, welches ein Videobild auf einen Videoschirm wirft. Dieser ist bevorzugt in mehrere Abschnitte aufgeteilt, wobei in einem Abschnitt das Videobild angezeigt wird, und in anderen Abschnitten genaue Querschnitts- und Draufsichten, welche die genaue Position wiedergeben. Diese zusätzlichen Ansichten können durch Moiré-Interferometrie erzeugt werden, indem ein sogenanntes Ronchi-Muster auf die Oberfläche des Gewebes projiziert wird, und die Projektion mit einer Kamera beobachtet wird, um die notwendigen Informationen zur Konturermittlung der Oberfläche zu erhalten. Das System kann auch ein Tracking-System enthalten, um Bewegungen des Gewebes während des chirurgischen Eingriffs zu folgen.

[0007] Aus der US 2004/0002641 A1 ist ein System und Verfahren zur Zuordnung von anatomischen Patienteninformationen zwischen verschiedenen medizinischen Maschinen bei der Strahlungstherapie bekannt. Insbesondere geht es um die genaue Positionierung eines Patienten in der Maschine, um die Position des Patienten in der Bestrahlungsmaschine beispielsweise exakt so auszurichten wie in der diagnostischen Maschine. Hierzu kann ein Laser-Scanning-System verwendet werden, bei dem Laserlicht auf eine Oberfläche des Patienten trifft. Dadurch wird eine zweidimensionale oder dreidimensionale Oberflächendarstellung des Patienten erhalten.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Ansatz zum Erkennen und Berechnen von Bewegungen eines Patientenkörpers und zur Kompensation dieser Patientenbewegungen während eines Eingriffs am Patientenkörper aufzuzeigen. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Anordnung gemäß Anspruch 1 und das Verfahren gemäß Anspruch 8. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Details und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf dem Prinzip, eine Bildaufnahme eines auf den

Patientenkörper projizierten Musters mittels einer Triangulation in ein dreidimensionales Modell des Patientenkörpers umzuwandeln und durch Vergleich aufeinander folgender Modelle und Bestimmen von Abweichungen zwischen den Modellen Bewegungen festzustellen und entsprechend zu kompensieren. Dabei ist das Muster ein Raster, welches zusätzliche Zeichen aufweist, beispielsweise Buchstaben oder Zahlenkombinationen, die eine Identifikation einzelner Elemente innerhalb des Rasters aufgrund einer dann erfolgenden optischen Zeichenerkennung ermöglichen. Dies ist besonders vorteilhaft, da bei der Erfidung eine Verwechslung von gleichartigen Elementen des Rasters (z. B. gleichartigen Quadraten eines Gitters) durch die zusätzlichen Zeichen unmöglich ist.

[0010] Unter einer Intervention bzw. einem Eingriff ist hierbei das Spektrum der bereits oben beschriebenen Eingriffe zu verstehen, seien diese therapeutischer oder diagnostischer Natur. Unter einer Beleuchtungseinrichtung ist jegliche ein Lichtbild werfende Einrichtung zu verstehen, die in der Lage ist, ein vorbestimmtes Muster anhand einer Vorlage (Diapositiv, Schablone, LCD-Panel bei einem Datenprojektor) gerichtet zu erzeugen. Die Wellenlänge des Lichts könnte auch außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegen, z. B. im Infrarotbereich.

[0011] Ein Patientenkörper ist ein Körper, der einer Therapie oder Diagnose unterzogen werden soll. Der Patient kann ein beliebiges Tier sein, beispielsweise ein Wirbeltier wie ein Vogel, ein Reptil oder ein Säuger; z. B. ein Mensch oder ein Nutz- oder Haustier.

[0012] Unter einer optischen Erfassungsvorrichtung ist jegliche optische Vorrichtung zu verstehen, die ein Bild in elektronischer Weise aufzeichnen kann, beispielsweise eine Videokamera oder eine digitale Standbildkamera.

[0013] Die Recheneinheit berechnet ein dreidimensionales Modell unter Zugrundelegung einer zweidimensionalen Abbildung, einem vorbekannten Aufbau des Musters und den Positionen von Beleuchtungseinrichtung und Erfassungsvorrichtung relativ zum Patientenkörper. Die Berechnung erfolgt mit Hilfe einer so genannten Triangulation, die aus dem Bereich der Vermessungstechnik bekannt ist. Das Verfahren soll nachfolgend kurz erläutert werden.

[0014] Man stelle sich den denkbar einfachsten Fall einer planen Fläche vor, die von einer senkrecht dazu ausgerichteten Beleuchtungseinrichtung mit einem Muster beleuchtet wird, sowie eine Kamera, die an praktisch derselben Position wie die Beleuchtungseinrichtung angebracht ist. Das von der Kamera erfasste Muster entspricht dann exakt dem projizierten Muster auf der Fläche. Es gibt keine Verzerrungen, die durch eine schräge Betrachtung oder Projektion

entstehen würden und keinerlei Abweichungen aufgrund eines Höhenprofils der Fläche. Wird die Kamera seitlich bewegt und nunmehr unter einem Winkel auf die Fläche gerichtet, so wird ein entsprechend verzerrtes, das heißt in der Tiefe gestauchtes und nach hinten perspektivisch zulaufendes Muster erfasst. Aus der Änderung des Musters kann nun mit Hilfe eines geeigneten, Fachleuten bekannten Algorithmus der Winkel bestimmt werden, unter dem die gemusterte Fläche relativ zur Kamera oder einem beliebigen anderen Bezugssystem steht und kann zusätzlich unter Auswertung des projizierten Musters ebenfalls die Lage jedes einzelnen Punktes auf der Fläche berechnet werden. Das für die Bildauswertung zuständige Programm muss dabei mittels einer Form von Mustererkennung in der Lage sein, anhand des vorgegebenen Musters eine eindeutige Zuordnung eines beliebigen Punktes auf der beleuchteten Fläche zu einer Stelle des Musters vorzunehmen. Zu diesem Zweck muss das Muster so beschaffen sein, dass es eine solche eindeutige Zuordnung gestattet. Wenn anstelle einer Fläche eine dreidimensionale Oberfläche verwendet wird, ergeben sich für das von der Kamera aufgezeichnete Bild weitere lokale Verzerrungen in Abhängigkeit von der Krümmung und Winkelung der Oberfläche an jedem Punkt. So wird eine Steigung auf der Oberfläche dazu führen, dass das projizierte Muster im Bereich der Steigung „gestreckt“ wird, da das Muster über die Flanke der Steigung verteilt wird: Entsprechend dem Aufnahmewinkel der Aufzeichnungsvorrichtung wird dann das Muster auf dieser Steigung auch entsprechend gestreckt aufgezeichnet. Aus dem Maß der Streckung kann die Steigung berechnet werden und damit die Wölbung der Oberfläche in diesem Bereich.

[0015] Durch das Auftreten von abschüssigen Steigungen auf der kamerabgewandten Seite einer Wölbung können Teile des projizierten Musters ganz aus dem Sichtbereich der Aufzeichnungsvorrichtung kommen und fehlen mithin bei der Auswertung der Aufzeichnung. Der verwendete Algorithmus und die Art des eingesetzten Musters müssen robust genug sein, um einen solchen fehlenden Teil des Musters berücksichtigen zu können.

[0016] Die Recheneinheit dient weiterhin zur Ermittlung von Bewegungen des Patientenkörpers durch einen Differenzvergleich zwischen Modellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, beispielsweise mit aus unmittelbar aufeinander folgenden Abbildungen berechneten Modellen oder mit in größerem Zeitabstand berechneten Modellen.

[0017] Schließlich gehört zum erfindungsgemäßen System eine Kompensationseinheit zur Kompensation der Bewegungen durch Nachführen der Interventionsvorrichtung. Hierfür steht ein breites Spektrum an Implementierungsmöglichkeiten zur Verfügung, das von einer einfachen Bildarstellung des Körpers

in Relation zu einem Instrument (beispielsweise Sonde) der Interventionsvorrichtung und in Relation zum sich bewegenden Körper bis zur vollautomatischen, mit Stellgliedern erfolgenden Nachführung der in der Interventionsvorrichtung verwendeten Instrumente oder der gesamten Interventionsvorrichtung in einem beweglichen Rahmen oder vergleichbarem.

[0018] So ist es vorstellbar, dass bei video-unterstützter mikroinvasiver Chirurgie ein Komposit-Bild erzeugt wird, bei dem der Chirurg kein tatsächliches Videobild mehr sieht, sondern durch eine binokulare Betrachtungsbrille eine dreidimensionale, künstlich erzeugte Darstellung des Operationsfeldes mit den ebenfalls künstlich eingeblendeten Instrumenten, deren relative Position zum künstlich erzeugten 3D-Modell des Operationsgebietes durch die Kompensationseinrichtung elektronisch mittels Bildverarbeitung nachgeführt wird, so dass der Chirurg über Lageveränderungen des zu behandelnden Körperteils relativ zum Instrument sofort informiert ist.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das projizierte Muster ein farbcodiertes Muster. Hierbei ist das Muster in Streifen oder andere Formen von eng beieinander liegenden Flächen unterteilt, wobei sich berührende Streifen bzw. Flächen in ihren Farben jeweils so unterscheiden, dass eine eindeutige Zuordnung von Streifen zur Position innerhalb des Musters aufgrund der Anordnung der Streifen oder Flächen innerhalb des gesamten projizierten Musters möglich ist.

[0020] Vorzugsweise handelt es sich bei der Farbcodierung um eine so genannte redundante Codierung. Das Verfahren der so genannten farbcodierten Triangulation, das als ein Schritt der vorliegenden Erfindung verwendet wird, findet sich in der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 32 690 A1. Das dort beschriebene Verfahren der Codierung des Farbmusters, insbesondere seine Unterteilung in Codewörter, beispielsweise solche Codewörter, die eine nicht-triviale Hamming-Distanz aufweisen (> 1) sowie spezifische Beispiele für Farbwert-Zuordnungen zur Vermeidung von Fehlerkennungen, wie sie in den Absätzen 0011 bis 0019 sowie 0028 bis 0039 der genannten deutschen Offenlegungsschrift DE 102 32 690 A1 beschrieben sind, können für die Offenbarung dieses Aspektes der vorliegenden Erfindung maßgeblich sein.

[0021] Kurz zusammengefasst, bedient sich das Verfahren der farbcodierten Triangulation einer Abfolge von Streifen unterschiedlicher Farben, die so ausgewählt sind, dass sie eine möglichst gute Unterscheidbarkeit haben, indem für jeden Farbstreifen, der im RGB-Modell drei Farbkkanäle aufweist, lediglich zwei Kanäle auf entweder Maximal- oder Minimalwert gesetzt werden, und die Streifen in ihrer nebeneinander liegenden Abfolge so angeordnet sind,

dass sich Codewörter von Farbstreifen, beispielsweise vier Farbstreifen, ergeben, wobei sie zueinander so angeordnet sind, dass die Codewörter überlappend werden.

[0022] Erfindungsgemäß kann zusätzlich vorgesehen sein, dass die Farben des farbcodierten Musters so ausgewählt sind, dass durch die Eigenfärbung des Patientenkörpers verursachte Farbveränderung des Musters keine Auswirkungen auf die Erkennung haben. Patientenkörper sind im Allgemeinen nicht farbneutral. Vielmehr haben Menschen eine zwischen Rosa und Dunkelbraun reichende Palette an Hautfarben, bei nicht-menschlichen Patienten mit Behaarung ist die Farbauswahl sogar noch größer. Je nach Ausgestaltung des Farbmusters könnte es daher aufgrund der Änderungen des an der Oberfläche des Patientenkörpers reflektierten Musterlichts zu Problemen bei der Mustererkennung kommen. Die zitierte Offenlegungsschrift stellt hierfür Verfahren bereit, mit denen dieses Problem überwunden werden soll. Jedoch kann durch eine geeignete Auswahl an Farben auch ohne Verwendung eines entsprechenden in der zitierten Offenlegungsschrift beschriebenen Verfahrens die Mustererkennung verbessert werden, indem gerade solche Farben ausgewählt werden, die bei der gegebenen Oberflächenfarbe des Patientenkörpers möglichst unverfälscht zurückgeworfen werden.

[0023] Alternativ oder zusätzlich zum Farbmuster kann das Muster auch ein raster-codiertes Muster sein, bei dem lediglich ein Licht-Raster gegenüber einem nicht-belichteten Rest des projizierten Bildes verwendet wird. Eine Erfassung der Position kann in diesem Fall dadurch erfolgen, dass sämtliche Elemente des Rasters, beispielsweise alle vertikalen und horizontalen Linien erfasst werden und Punkte auf der zu vermessenden Patientenkörper-Oberfläche nach Abzählen der Linien im Raster bestimmt werden können. Erfindungsgemäß sind in das Raster auch eindeutige Zeichen, beispielsweise Buchstaben oder Zahlenkombinationen eingearbeitet, die eine Identifikation einzelner Elemente (z. B. Quadrate) innerhalb des Rasters aufgrund der Buchstabenkombination und einer dann erfolgenden optischen Zeichenerkennung ermöglichen.

[0024] Die Beleuchtungseinrichtung kann beispielsweise ein Diaprojektor sein, wobei das projizierte Muster sich auf einem Diapositiv im Diaprojektor befindet. Das Muster ist exakt ausgemessen und seine Koordinaten, beispielsweise Art und Abstände der Streifen oder Dimensionierung des Rasters liegen in entsprechender codierter Weise als Daten der Berechnungseinheit vor. Alternativ kann die Beleuchtungseinrichtung auch ein Datenprojektor (Beamer) sein, der mit das Muster wiedergebenden Bildinformationen betrieben wird. Durch diese Option ist es möglich, beispielsweise die Recheneinheit zusätzlich auch als Steuereinheit für den Datenprojektor zu ver-

wenden, so dass auch verschiedene Muster entweder je nach Bedarf bei unterschiedlichen Patienten (unterschiedlichen Tierarten) oder in einer zeitlichen Abfolge verwendet werden können, um die jeweiligen Ergebnisse der Berechnungen möglichst exakt werden zu lassen.

[0025] Vorzugsweise kann mehr als eine optische Erfassungsvorrichtung, beispielsweise zwei optische Erfassungsvorrichtungen verwendet werden, die auf gegenüberliegenden Seiten des Patientenkörpers angeordnet sind. Durch diese Anordnung wird es möglich, eine mehr oder weniger vollständige Rundum-Beobachtung des Patientenkörpers vorzunehmen, was die Genauigkeit der Ergebnisse weiter verbessern kann.

[0026] In einem weiteren Aspekt ist die Erfindung gerichtet auf ein Verfahren gemäß Anspruch 8.

[0027] Alles bezüglich des Systems Gesagte gilt auch für das erfindungsgemäße Verfahren und umgekehrt, so dass wechselweise Bezug genommen wird.

[0028] Vorzugsweise ist das auf den Patientenkörper projizierte Muster ein farbcodiertes Muster, wobei die Farbcodierung eine redundante Codierung sein kann und die farbcodierten Muster so ausgewählt sein können, dass durch die Eigenfärbung des Patientenkörpers verursachte Farbveränderung des Musters keine Auswirkungen auf die Erkennung haben. Ansonsten wird auf die Ausführungen zur Anwendung des bereits bekannten Verfahrens der farbcodierten Triangulation verwiesen. Das Muster kann ebenfalls ein Raster sein, das zudem zusätzliche Zeichen aufweisen kann. Die Bewegung des Patientenkörpers kann eine Lageveränderung und/oder eine Formveränderung innerhalb des Körpers sein. Dementsprechend können die Lageänderungen der inneren Organe und/oder der äußeren Topologie als Verschiebungen längs von Körperachsen, als Drehungen um Körperachsen und/oder als komplexe Formveränderungen berechnet werden, je nachdem, welche dieser Lageänderungen für den vorgenommenen Eingriff von besonderer Relevanz sind oder je nach zur Verfügung stehender Rechenleistung zur Durchführung des Verfahrens, bzw. in der Rechenleistung des erfindungsgemäßen Systems. Körperachsen können die bekannten Körperachsen durch den Schwerpunkt sein, können jedoch auch beliebig anders liegende Achsen durch den Körper sein. Das gleiche gilt für die Drehungen, die entweder um die bekannten Körperachsen, die sich beispielsweise aus der Spiegel-Symmetrie oder dem Schwerpunkt des Körpers ableiten lassen, aber auch beliebige andere Achsen sein. Komplexe Formveränderungen sind solche, bei denen Bewegungen in mehr als einer Achse gleichzeitig berechnet und mit entsprechenden komplexen Bewegungsvektoren oder ähnlichem

für Punkte innerhalb des dreidimensionalen Modells ausgedrückt werden.

[0029] Die Bewegung kann sich grundsätzlich auf eine äußere Topologie des Patientenkörpers beziehen, das heißt es werden lediglich die äußeren und direkt berechneten Formveränderungen des Körpers berücksichtigt. Dies kann beispielsweise bei äußerlichen Eingriffen wie Hautabtragungen oder anderen oberflächlichen Verfahren nützlich sein. Die Bewegung kann sich jedoch auch auf Lageänderungen innerer Organe des Patientenkörpers beziehen, insbesondere wenn der vorzunehmende Eingriff nicht auf der Außenseite des Patientenkörpers, sondern in seinem Inneren, das heißt an inneren Organen wie z. B. Darm, Herz, Lunge, Leber, Knochen oder Muskeln stattfindet. Hierbei wird es bevorzugt, dass zur Berechnung der Lageänderungen innerer Organe ein zuvor mittels bildgebender Verfahren angefertigtes dreidimensionales Modell des Patientenkörpers mitverwendet wird. Dieses dreidimensionale Modell kann beispielsweise mittels einer Computer-Tomographie zumindest von dem Teil des Patientenkörpers angefertigt werden, an dem der Eingriff vorgenommen wird. Er liefert ein genaues dreidimensionales Modell des Patientenkörperbereichs zu einem bestimmten Zeitpunkt und kann damit als Basis für räumliche Änderungen durch innere oder äußere Bewegungen des Patientenkörpers dienen. Vorzugsweise wird die Kompensation durch Übermittlung von Koordinaten-Änderungen vorbestimmter Punkte des Modells an eine Interventionsvorrichtung weitergegeben. Die Interventionsvorrichtung kann dann diese Koordinaten-Änderungen für eigene kompensatorische Bewegungen verwenden. Alternativ ist es auch möglich, dass eine Einheit vorgesehen werden kann, welche eine Interventionsvorrichtung unmittelbar ansteuern kann. Um Bewegungen des Patientenkörpers so schnell berücksichtigen zu können, dass eine Kompensation der Bewegung so schnell möglich ist, dass der vorzunehmende Eingriff am Patienten nicht beeinträchtigt wird oder scheitert, wird es bevorzugt, dass mehr als fünf Modelle und Bewegungen pro Sekunde berechnet werden, vorzugsweise mehr als 10, besonders bevorzugt mehr als 20.

[0030] Schließlich ist die Erfindung ebenfalls gerichtet auf eine Verwendung von durch periodische Ausmessung der Körperoberfläche eines Tiers erhaltenen Topologie-Daten zur Berechnung von Lageänderungen von inneren Organen des Tieres anhand eines vorab bestimmten dreidimensionalen Modells des Tieres in einer Standard-Position.

[0031] Ein Tier kann hier ein beliebiges Tier, beispielsweise ein Säuger wie ein Mensch, ein Vogel etc. sein, das innere Organe aufweist, die sich bei Bewegungen des Tieres in ihrer Lage ändern. Ausgehend von einem dreidimensionalen Modell, das in einer beliebig definierten Standardposition des Tieres

vorab ermittelt wird, zielt das Verfahren darauf ab, von Veränderungen der Körperoberfläche auf Veränderungen der inneren Organe zu schließen. Vorzugsweise werden die Topologie-Daten dabei in einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0032] Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden, wobei auf die beigegefügte [Fig. 1](#) Bezug genommen wird, in der ein erfindungsgemäßes System mit einem zu untersuchenden Patienten dargestellt ist.

[0033] Der Patient **1** liegt hierbei auf einer Lagerungsvorrichtung **2** und soll von einem Interventionssystem **3** mit Hilfe eines Instruments **4** behandelt werden. Auf den Patienten **1** soll nun erfindungsgemäß mit Hilfe einer Beleuchtungseinrichtung **5** ein Farbmuster **6**, beispielsweise ein farbcodiertes Muster, projiziert werden, das auf den beispielhaft herausgegriffenen Punkten **7** auf der Patientenoberfläche auftrifft. Die von dort reflektierten Lichtstrahlen **8** werden mit Hilfe einer oder mehrerer Kameras **9** orts- und winkelaufgelöst aufgezeichnet. Eine Recheneinheit **10** ermittelt aus den von den Kameras aufgezeichneten Abbildungen die dreidimensionalen Daten der Topografie des Patienten und übermittelt das sich ergebende Modell an das Interventionssystem **3**, welches dadurch seine Zielkoordinaten korrigieren kann. Die Kompensationsvorrichtung kann im Interventionssystem **3** oder in der Recheneinheit **10** vorgesehen sein.

[0034] Beleuchtungseinrichtung und Kamera können wahlweise stationär oder beweglich installiert sein. Die Bilder sollen beispielsweise mit einer Bildfrequenz von 10 Bildern pro Sekunde aufgenommen werden, damit auch schnellere Bewegungen des Patienten wirkungsvoll kompensiert werden können.

[0035] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem erfindungsgemäßen System kann die Kompensation von Patientenbewegungen jeglicher Art wesentlich verbessert werden. Da die genaue Kenntnis der Topologie des Patienten erst eine gute Berechnung der Bewegung innerer Organe ermöglicht, werden hier ein Verfahren und Realisierungsmöglichkeiten aufgezeigt, diese mit hoher Genauigkeit zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Intervention an einem Patientenkörper (**1**), aufweisend:
 – eine Interventionsvorrichtung (**3**) zur Vornahme eines Eingriffs am Patientenkörper;
 – zumindest eine Beleuchtungseinrichtung (**5**), die ein vorbestimmtes Muster zumindest auf denjenigen Bereich (**7**) des Patientenkörpers, an dem der Eingriff vorgenommen werden soll, projiziert, wobei das Muster ein Raster ist, das zusätzliche Zeichen aufweist,

die eine Identifikation einzelner Elemente innerhalb des Rasters aufgrund einer dann erfolgenden optischen Zeichenerkennung ermöglichen;

– zumindest eine optische Erfassungsvorrichtung (**9**) zur Aufzeichnung von zweidimensionalen elektronischen Abbildungen des Projektionsmusters (**8**) auf dem Patientenkörper (**1**);

– eine Recheneinheit (**10**), die dreidimensionale Modelle des Patientenkörpers (**1**) aus den zweidimensionalen Abbildungen, einem vorbekannten Aufbau des Musters und den Positionen von Beleuchtungseinrichtung (**5**) und Erfassungsvorrichtung (**9**) relativ zum Patientenkörper (**1**) berechnet, sowie Bewegungen des Patientenkörpers anhand von aus zeitlich aufeinanderfolgenden Abbildungen berechneten dreidimensionalen Modellen feststellt; und

– eine Kompensationseinheit, die zur Kompensation der berechneten Bewegungen des Patientenkörpers (**1**) die Interventionsvorrichtung (**3**) nachführt.

2. Anordnung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das projizierte Muster ein farbcodiertes Muster ist.

3. Anordnung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbcodierung eine redundante Codierung ist.

4. Anordnung gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Farben des farbcodierten Musters so ausgewählt sind, dass die durch die Eigenfärbung des Patientenkörpers (**1**) verursachte Farbveränderungen des Musters keine Auswirkungen auf die Erkennung haben.

5. Anordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (**5**) ein Diaprojektor ist und sich das projizierte Muster auf einem Diapositiv im Diaprojektor befindet.

6. Anordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (**5**) ein Datenprojektor ist, der mit das Muster wiedergebenden Bildinformationen betrieben ist.

7. Anordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei optische Erfassungsvorrichtungen (**9**) auf gegenüberliegenden Seiten des Patientenkörpers angeordnet sind.

8. Verfahren zur Bewegungskompensation eines Patientenkörpers (**1**) bei einem Eingriff an diesem Patientenkörper (**1**), die Schritte aufweisend:

a) Projizieren eines vorbestimmten Musters zumindest auf denjenigen Bereich des Patientenkörpers (**1**), an dem ein Eingriff vorgenommen werden soll, wobei das Muster ein Raster ist, das zusätzliche Zeichen aufweist, die eine Identifikation einzelner Ele-

mente innerhalb des Rasters aufgrund einer dann erfolgenden optischen Zeichenerkennung ermöglichen;

b) Aufzeichnen von zweidimensionalen elektronischen Abbildungen des Projektionsmusters auf dem Patientenkörper (1);

c) Berechnen dreidimensionaler Modelle des Patientenkörpers aus den zweidimensionalen Abbildungen, einem vorkannten Aufbau des Musters und den Positionen zumindest einer das Muster projizierenden Beleuchtungseinrichtung (5) und zumindest einer die Abbildungen aufzeichnenden Erfassungsvorrichtung (9) relativ zum Patientenkörper (1),

d) Berechnen von Bewegungen des Patientenkörpers (1) anhand von aus zeitlich aufeinanderfolgenden Abbildungen berechneten dreidimensionalen Modellen; und

e) Verwenden der berechneten Bewegungen des Patientenkörpers (1) zur Kompensation der Patientenbewegungen während des Eingriffs.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das projizierte Muster ein farbcodiertes Muster ist.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Farbcodierung eine redundante Codierung ist.

11. Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Farben des farbcodierten Musters so ausgewählt sind, dass durch die Eigenfärbung des Patientenkörpers (1) verursachte Farbveränderungen des Musters keine Auswirkungen auf die Erkennung haben.

12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Patientenkörpers (1) eine Lageveränderung und/oder eine Formveränderung sein kann.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lageänderungen der inneren Organe und/oder der äußeren Topologie als Verschiebungen längs von Körperachsen, als Drehungen um Körperachsen, und/oder als komplexe Formveränderungen berechnet werden.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Bewegung auf eine äußere Topologie des Patientenkörpers (1) bezieht.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Bewegung auf Lageänderungen innerer Organe des Patientenkörpers (1) bezieht.

16. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berechnung

der Lageänderungen innerer Organe ein zuvor mittels bildgebender Verfahren angefertigtes dreidimensionales Modell des Patientenkörpers (1) mitverwendet wird.

17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensation durch Übermittlung von Koordinaten-Änderungen vorbestimmter Punkte des Modells an eine Interventionsvorrichtung weitergegeben wird.

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als 5 Modelle und Bewegungen pro Sekunde berechnet werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

