



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 031 123.7**  
 (22) Anmeldetag: **04.07.2005**  
 (43) Offenlegungstag: **11.01.2007**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **30.12.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 19/00** (2006.01)  
**A61B 6/03** (2006.01)  
**A61B 17/225** (2006.01)  
**G06T 17/00** (2006.01)  
**G06T 5/50** (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**

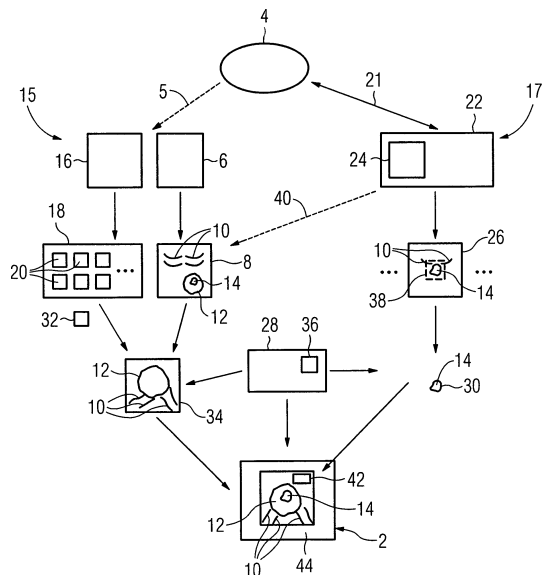
(72) Erfinder:  
**Buchholtz, Gerhard, 91054 Erlangen, DE; Fehre, Jens, 91353 Hausen, DE; Granz, Bernd, Dr., 90522 Oberasbach, DE; Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Krufft, Werner, 91056 Erlangen, DE; Lanski, Markus, 90408 Nürnberg, DE; Mahler, Matthias, 91058 Erlangen, DE; Meinert, Christian, 91080 Marloffstein, DE; Mertelmeier, Thomas, Dr., 91058 Erlangen, DE; Nanke, Ralf, Dr., 91058 Erlangen, DE; Rattner, Manfred, 91091 Großenseebach, DE**

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

<b>DE</b>	<b>199 63 440</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>103 33 543</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>102 14 254</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2005/0 52 864</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2004/0 19 782</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Röntgenbildgebung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt (14) enthaltenden Patienten (4) während einer Stoßwellenbehandlung, bei dem:  
 – zu einem ersten Zeitpunkt (15) ein das Objekt (14) und einen Marker (10) enthaltender 3D-Bilddatensatz (8, 18) erzeugt wird,  
 – zu einem zweiten Zeitpunkt (17) ein im Wesentlichen nur das Objekt (14) und den Marker (10) darstellendes Röntgenbild (26, 38) aufgenommen wird, welches Röntgenbild (26, 38) mit einer so geringen Dosis erzeugt und/oder mit einem so kleinen Bildfeld aufgenommen wird, dass das Objekt (14) und der Marker (10) gerade noch erkennbar sind,  
 – das Röntgenbild (26, 38) anhand des Markers (10) dem 3D-Bilddatensatz (8, 18) ortsrichtig zugeordnet wird,  
 – das Röntgenbild (26, 38) zusammen mit einer dem 3D-Bilddatensatz (8, 18) entnommenen Information (34, 42) während der Stoßwellenbehandlung angezeigt wird,  
 – ein Projektionsbild (32) in Blickrichtung des Röntgenbildes (26, 38) aus dem 3D-Bilddatensatz (8, 18) rekonstruiert wird und...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt enthaltenden Patienten während einer Stoßwellenbehandlung.

**[0002]** In vielen Bereichen der Medizin werden heute bildgebende Verfahren benutzt. Eines der weit verbreitetsten Verfahren ist die Röntgenbildgebung, bei der ein lebender Mensch oder Tier als Patient mit ionisierender Röntgenstrahlung durchstrahlt wird. Ziel ist hierbei die Darstellung bzw. Bildgebung eines im Patienten befindlichen Objekts von Interesse. Dies kann z. B. ein inneres Organ, ein Fremdkörper oder ähnliches sein.

**[0003]** Neben den vielen bekannten Vorteilen der Röntgenbildgebung weist diese auch Nachteile auf. So ist die Röntgenstrahlung weder für den Patienten noch für das die Röntgendurchleuchtung durchführende Personal wegen der Gefahr von Strahlenschäden risikofrei. Deshalb ist z. B. die auf einen lebenden Patienten eingestrahlte Röntgendosis aus gesundheitlichen Gründen gesetzlich auf Höchstwerte beschränkt.

**[0004]** Eines der wichtigsten Ziele beim Einsatz von Röntgenstrahlen ist deshalb stets die Dosisreduktion auf ein minimal mögliches Maß. Dies ist vor allem bei röntgenintensiven medizinischen Maßnahmen sinnvoll, bei denen innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl von Röntgendurchleuchtungen eines einzelnen Patienten notwendig ist. Eine derartige Maßnahme ist z. B. die Stoßwellenbehandlung in Form einer Stoßwellentherapie bzw. -lithotripsie. Im Falle der Lithotripsie muss im Patienten sowohl die Lage eines zu zerstörenden Konkrements als auch dessen Zerstörungsgrad durch eine Vielzahl von Röntgenaufnahmen während des Behandlungsverlaufs kontrolliert werden.

**[0005]** Trotz der heute bereits drastisch reduzierten Einzeldosis bei einer Röntgenaufnahme gegenüber früherer Röntgentechnik ist bei einer derartigen Maßnahme der behandelte Patient, und in gewissem Maße auch das medizinische Personal einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt.

**[0006]** Das im Patienten befindliche, interessierende und mit Hilfe der Durchleuchtung darzustellende Objekt nimmt in der Regel nur einen kleinen Teil des eigentlichen Röntgenbildes in Anspruch. Dennoch wird stets das Objekt und dessen umgebende Region des Patienten mit voller Dosis während der Behandlung immer wieder abgebildet. Die restliche Bildinformation neben dem Objekt ist notwendig, weil daraus z. B. die Lage des Objekts relativ zu inneren Organen oder Knochenstrukturen ersichtlich ist. Dies ist z. B. bei der Lithotripsie wichtig, um die Einstrahlrichtung bzw. den -ort des Ultraschallstrahls geeignet zu wäh-

len.

**[0007]** Die nächstkommende Druckschrift DE 103 33 543 A1 offenbart ein Verfahren zur gekoppelten Darstellung eines mit beliebiger Bildgebungsmodalität präoperativ aufgenommenen 2D- oder 3D-Bildes mit einem intraoperativen 2D- oder 3D-Bild, gewonnen beispielsweise mit einer Videokamera oder einem Ultraschallgerät. Dieses Verfahren betrifft insbesondere eine interaktive und möglicherweise iterative Angleichung des präoperativen Bildes an das intraoperative Bild.

**[0008]** Das Verfahren gemäß der DE 103 33 543 A1 dient zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt enthaltenden Patienten, wobei zu einem ersten Zeitpunkt ein das Objekt und einen Marker enthaltender Bilddatensatz erzeugt wird und zu einem zweiten Zeitpunkt ein das Objekt und den Marker darstellendes Röntgenbild aufgenommen wird und schließlich das Röntgenbild anhand des Markers dem Bilddatensatz ortsrichtig zugeordnet wird.

**[0009]** Bei dem aus der DE 103 33 543 A1 bekannten Verfahren zur Registrierung präoperativer und interoperativer Bilder sollen Organverschiebungen oder -deformierungen kompensiert werden, um so eine entsprechende Registrierung, also ortsrichtige Zuordnung, zu erreichen, so dass gekoppelte Darstellungen beider Bilder (ortsrichtig zugeordnet) möglich sind.

**[0010]** Die DE 103 33 543 A1 offenbart hierzu die Aufnahme eines präoperativen und intraoperativen Bilddatensatzes, wobei besondere der interoperativ aufgenommene Bilddatensatz von einem Röntgen-C-Bogen, einem CT- oder MR-Scanner etc. aufgenommen werden kann. Nach einer anfänglichen Grobregistrierung wird bei dem bekannten Verfahren hierzu eine interaktive Nach- oder Re-Registrierung im sukzessiven Wechsel mit einer gemeinsamen Darstellung beider Bilder vorgenommen, bis die gewünschte Übereinstimmung erreicht ist.

**[0011]** Die DE 102 14 254 A1 befasst sich mit der Thematik, dass an einem Patienten ein erstes und ein zweites Tomographie-Verfahren durchgeführt wird, wobei nur das zweite Tomographie-Verfahren hochauflösend ist und die Bilddaten beider Verfahren verknüpft werden. Es wird hierdurch eine höhere Abbildungsqualität für das gering auflösende (erste) Tomographie-Verfahren ermöglicht. Da die Abbildungsqualität im zweiten Röntgenverfahren (Ortsauflösung) gesteigert wird, ist der Patient einer hohen Röntgendosis ausgesetzt.

**[0012]** In der WO 2004/019782 A1 ist die Erzeugung eines Tomographiebildes beschrieben. Hierzu wird in der Regel ein vollständiger Satz (aus allen

Aufnahmerichtungen) von Röntgenbildern von einem Patienten erzeugt, welche dann zu einem 3D-Bilddatensatz rekonstruiert werden. In vielen praktischen Anwendungen stehen jedoch nur eine begrenzte Anzahl von Röntgenaufnahmen, nämlich nur aus einer begrenzten Anzahl von Betrachtungswinkeln zur Verfügung ("sparse projection data"). Das aus der WO 2004/019782 A1 bekannte Verfahren nutzt hierbei, ausgehend von einem derartigen Sparse-Datensatz, "a-priori-Informationen", um dennoch eine verlässliche 3D-Rekonstruktion zu erhalten.

**[0013]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zur Röntgenbildgebung während einer Stoßwellenbehandlung anzugeben.

**[0014]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand von weiteren Ansprüchen.

**[0015]** Das Verfahren nach Anspruch 1 dient zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt enthaltenden Patienten während einer Stoßwellenbehandlung und umfasst folgende Verfahrensschritte:

- Zu einem ersten Zeitpunkt wird ein das Objekt und einen Marker enthaltender 3D-Bilddatensatz erzeugt,
- zu einem zweiten Zeitpunkt wird ein im Wesentlichen nur das Objekt und den Marker darstellendes Röntgenbild aufgenommen, wobei das Röntgenbild mit einer so geringen Dosis erzeugt und/oder mit einem so kleinen Bildfeld aufgenommen wird, dass das Objekt und der Marker gerade noch erkennbar sind,
- das Röntgenbild wird anhand des Markers dem 3D-Bilddatensatz ortsrichtig zugeordnet,
- das Röntgenbild wird zusammen mit einer dem 3D-Bilddatensatz entnommenen Information während der Stoßwellenbehandlung angezeigt, wobei
  - ein Projektionsbild in Blickrichtung des Röntgenbildes aus dem 3D-Bilddatensatz rekonstruiert und zusammen mit dem Röntgenbild angezeigt wird.

**[0016]** Die Erfindung benutzt die Erkenntnis, dass in vielen Fällen bereits vor Durchführung der Behandlung ein Bilddatensatz, z. B. in Form von Röntgenaufnahmen, vom Patienten angefertigt wurde, welcher neben dem interessierenden Objekt selbst Zusatzinformationen, wie z. B. über die das interessierende Objekt umgebenden Objekte wie Organe oder Knochen, enthält.

**[0017]** Die Zusatzinformationen sind meist auch während der Behandlung noch gültig, denn im Verlauf der Behandlung ändert sich oft nur das interessierende Objekt, z. B. in Gestalt und Lage, nicht aber dessen Umgebung, wie die oben genannten inneren

Organe oder Knochenstrukturen. Viel vorab gewonnene Information hat somit für die gesamte Behandlung Gültigkeit und braucht nicht wiederholt aufgenommen zu werden.

**[0018]** In der Regel ist das darzustellende Objekt im Vorfeld der Stoßwellenbehandlung in ausreichender Bildqualität dargestellt, so dass z. B. Diagnose, Lokalisierung und Charakterisierung des Objekts hinreichend gut vor der Behandlung durchgeführt werden konnten. Für Aufnahmen des Objekts während der Behandlung würde dagegen oft eine deutlich reduzierte Bildqualität keine Einbußen für die Güte der Behandlung bedeuten, da z. B. nur zu überprüfen ist, ob der Stein noch im Fokus der Stoßwelle liegt, aber nicht mehr nötig ist, den Stein detailgenau abzubilden.

**[0019]** Als darzustellendes Objekt im Sinne der vorliegenden Erfindung ist also alles zu verstehen, was zwischen den Zeitpunkten der Aufnahmen von Bilddatensatz und Röntgenbild im Röntgenbild sichtbaren Veränderungen unterworfen ist. Im Beispiel der Lithotripsie wäre dies das zu zerstörende Konkrement, welches sich im Verlauf der Lithotripsie verkleinert, fragmentiert oder verschiebt. Denkbar ist auch ein durch Verlagerung oder Größenänderung sich ändernder, zu behandelnder Gewebereich.

**[0020]** Der Bilddatensatz enthält hierbei Bildinformationen, welche in der Regel über das darzustellende Objekt hinaus gehen, z. B. die oben genannten Abbildungen von das darzustellende Objekt umgebendem Gewebe, Knochenstrukturen, und vor allem Abbildungen von natürlichen oder künstlichen Markern zur Positionserkennung bzw. -ortung des Objekts. Wie bereits oben erläutert, verändern sich die meisten Abbildungsteile des Bilddatensatzes nicht oder deren Veränderungen sind für die Behandlung irrelevant. Es reicht deshalb aus, diesen Bilddatensatz zu einem ersten Zeitpunkt vom Patienten aufzunehmen, um die genannte Information ein einziges Mal festzuhalten.

**[0021]** Zur Erlangung von Information über das interessierende darzustellende Objekt reicht es deshalb, wie bereits erläutert aus, zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt die eben genannten Information nicht mehr in einem detaillierten Röntgenbild abbilden zu müssen. Deshalb wird erfindungsgemäß das zweite Röntgenbild derart aufgenommen, dass es im Wesentlichen nur das Objekt und den Marker darstellt. Das zweite Röntgenbild kann deshalb unter erheblicher Dosisreduktion, wie weiter unten erläutert, aufgenommen werden.

**[0022]** Das Abbild des Objekts im Röntgenbild reicht aus, um die nötige aktuelle Information über das Objekt zu erhalten und das Abbild des Markers dient dazu, das Röntgenbild dem Bilddatensatz ortsrichtig zu-

zuordnen.

**[0023]** Weitere, z. B. das Objekt umgebende Bildinformation, welche zum zweiten Zeitpunkt noch unverändert gültig ist, ist dem Bilddatensatz entnommen und somit zwar zu einem früheren ersten Zeitpunkt abgebildet, jedoch wie oben erläutert, zum zweiten Zeitpunkt noch voll gültig.

**[0024]** Der Marker dient zur sogenannten Registrierung von Bilddatensatz und Röntgenbild. Die Registrierung führt dazu, dass diese positionsrichtig einander zugeordnet werden.

**[0025]** Der Marker kann ein natürlicher Marker des Patienten, z. B. eine Knochenstruktur, Organgrenze oder ein künstlich aufgeklebter oder implantierter Marker am Patienten sein. Die Registrierung wird z. B. in bekannter Weise durch ein 3D-Bild-Verrechnungssystem bewerkstelligt.

**[0026]** Durch die wiederholte Aufnahme zweier Röntgenbilder zu jeweils verschiedenen zweiten Zeitpunkten, die alle zusammen mit der dem Bilddatensatz entnommenen, mit anderen Worten mit der das Röntgenbild ergänzenden, Information angezeigt werden, entsteht unter erheblicher Dosisreduktion für den Patienten eine Serie von Röntgenbildern mit dem gleichen Informationsgehalt, als wären alle zweiten Röntgenbilder mit voller Dosis aufgenommen.

**[0027]** Durch die erhebliche Dosisreduktion bei der Aufnahme des zweiten Röntgenbildes ist sowohl der Patient als auch das behandelnde Personal geschont.

**[0028]** Vor allem im Bereich der Stoßwellenlithotripsie kann z. B. der erste Zeitpunkt vor Beginn der Behandlung liegen. Die verschiedenen zweiten Zeitpunkte liegen dann im Zeitraum während der Lithotripsie.

**[0029]** Als Information kann die Ortsposition des Objekts im Patienten angezeigt werden.

**[0030]** Diese Information ist zunächst dem Röntgenbild nicht zu entnehmen, wird jedoch über die Zuordnung per Markern zum Bilddatensatz rekonstruiert. Durch die Anzeige steht sie z. B. dem Arzt zur Verfügung, weshalb er die gleiche Information erhält, als bei der Betrachtung eines vollwertigen Röntgenbildes gemäß dem Stand der Technik.

**[0031]** Als Information kann auch Bildinformation der im Röntgenbild nicht dargestellten Umgebung des Objekts angezeigt werden.

**[0032]** Somit steht z. B. dem Arzt nicht nur die extrahierte Information, sondern tatsächlich die fehlende Bildinformation zur Verfügung. Der kann diese Infor-

mation leichter und in gewohnterer Weise auswerten, als z. B. die Angabe von Ortskoordinaten als Information.

**[0033]** Zur Dosisreduktion für das Röntgenbild stehen verschiedene Alternativen zur Verfügung.

**[0034]** Beispielsweise kann das Röntgenbild mit einer so geringen Dosis erzeugt werden, dass das Objekt und der Marker gerade noch erkennbar sind. Erkennbar heißt in diesem Zusammenhang, dass ein Betrachter oder eine Bildauswerteeinheit dem Röntgenbild gerade noch die interessierende Information entnehmen können. Bei einem Nierenstein z. B. ist dies dessen Umrissform, um seinen Zerstörungsgrad und seine Position zu ermitteln.

**[0035]** Vor allem ein klar zu erkennendes bzw. sich von seiner Umgebung abgrenzendes Objekt, wie ein zu zerstörendes Konkrement in der Lithotripsie, ist mit ausreichender Deutlichkeit auch in Röntgenaufnahmen noch bei sehr geringer Dosis deutlich zu erkennen. Die Informationen z. B. der Umgebung des darzustellenden Objekts sind dann jedoch nicht mehr erkennbar. Gerade diese werden dann erfindungsgemäß aus dem Bilddatensatz entnommen und mit dem Röntgenbild dargestellt.

**[0036]** Alternativ kann das Röntgenbild mit einem so kleinen Bildfeld aufgenommen werden, dass das Objekt und der Marker gerade noch erkennbar sind. Dies kann man mit geeigneten Blenden durchführen. Die Reduktion des Bildfeldes und damit der am Patienten bestrahlten Fläche verringert die Röntgendosis, welche an den Patienten abgegeben wird. Hierdurch wird zwar ebenfalls die Gesamtdosis für den Patienten reduziert, zur Abbildung von Objekt und Marker steht aber dennoch die übliche Dosis auf der eingeschränkten Fläche zur Verfügung, so dass die Bildqualität hinsichtlich der Darstellung noch sehr gut ist. Dies ist z. B. bei kontrastschwachen Zielobjekten, wie eine bestimmten Region von Patientengewebe sinnvoll.

**[0037]** Als Bilddatensatz wird erfindungsgemäß zum ersten Zeitpunkt ein 3D-Bilddatensatz des Patienten erzeugt. Die Vorabaufnahme eines 3D-Bilddatensatzes beinhaltet die volle Bildinformation eines Patienten. Auch Rekonstruktionen von anderen Blickwinkeln als ursprünglich zur Aufnahme verwendet wurden, sind möglich. Hierdurch ist es zum zweiten Zeitpunkt möglich, nahezu beliebige Information aus dem Bilddatensatz zu extrahieren und zum zweiten Zeitpunkt anzuzeigen. So kann auch während einer Behandlung Information angezeigt werden, die vor der Behandlung nicht bedacht wurde, bzw. von der nicht erwartet wurde, dass sie benötigt wird.

**[0038]** Vor allem im Falle eines 3D-Bilddatensatzes ist die Registrierung per Marker wichtig, um bei dem

später aus beliebiger, aber registrierter, also bekannter und zuordenbarer Richtung aufgenommenen Röntgenbild sowohl die richtige Perspektive als auch den richtigen Ort der zu rekonstruierenden Information aus dem 3D-Bilddatensatz zu ermitteln.

**[0039]** Aus dem 3D-Bilddatensatz wird erfindungsgemäß ein Projektionsbild in Blickrichtung des Röntgenbildes aus dem 3D-Bilddatensatz rekonstruiert und zusammen mit dem Röntgenbild angezeigt. So entsteht ein sozusagen das Röntgenbild ergänzendes Projektionsbild, das außer der aktuellen Darstellung von Objekt und Marker sämtliche Bildinformation zur Verfügung stellt, die in einer Aufnahme gemäß dem Stand der Technik zum zweiten Zeitpunkt vom Patienten gemacht würde. Dem Arzt steht somit die gleiche Information zur Verfügung, obwohl der Patient zum zweiten Zeitpunkt nur mit verminderter Dosis bestrahlt wurde.

**[0040]** Dem Projektionsbild kann ein erstes Teilbild um das Röntgenbild ein zweites Teilbild entnommen werden und die beiden Teilbilder zu einem Kompositbild verschmolzen werden und das Kompositbild angezeigt werden.

**[0041]** Das Kompositbild als Erzeugnis des Verfahrens enthält somit die verschmolzenen Informationen des Bilddatensatzes und des Röntgenbildes. Das zweite Teilbild entnimmt dem Röntgenbild im Wesentlichen das Veränderungen unterworfenen darzustellende Objekt, das somit in seinem aktuell gültigen Zustand abgebildet ist. Die restliche zeitinvariante Information in Bildform wird dem Bilddatensatz entnommen.

**[0042]** Die Verschmelzung findet derart statt, dass beide Teilbilder zusammengefügt werden, um ein Kompositbild als Röntgenbild zu ergeben, in dem beide Teilbilder ortsrichtig zusammengefügt sind. Somit entsteht ein künstliches Röntgenbild, das einem mit voller Dosis gemäß Stand der Technik zum zweiten Zeitpunkt aufgenommenen Röntgenbild entspricht.

**[0043]** Der 3D-Bilddatensatz verfügt hierbei um genügend Information, um z. B. bei noch unbekannter Blickrichtung des Röntgenbildes genügend Datenmaterial zur Verfügung zu haben, um aus dem Bilddatensatz eine erstes Teilbild zu erzeugen, welches in der vorab noch unbekanntem Blickrichtung des Röntgenbildes erscheint.

**[0044]** So kann jedes beliebige Röntgenbild um die vorab vom Patienten bekannten Ergänzungsdaten bzw. Umgebungsdaten des darzustellenden Objekts aus dem 3D-Bilddatensatz in Bildform ergänzt werden. Dem Behandelnden, z. B. in der Lithotripsie, ist damit Freiheit gegeben zum zweiten Zeitpunkt Röntgenbilder vom darzustellenden Objekt in jedweder Blickrichtung mit geringer Dosis zu erzeugen und die

se dennoch um die oben genannten zeitinvarianten Umgebungsinformationen zu vollwertigen künstlich erzeugten Röntgenbildern bzw. Kompositbildern zu ergänzen.

**[0045]** Als Objekt kann ein während einer Stoßwellenbehandlung zu zerstörendes Konkrement dargestellt werden. Gerade bei einem Konkrement sind die Voraussetzungen gegeben, das darzustellende Objekt, nämlich das Konkrement in ausreichender Bildqualität auch bei deutlicher Dosisreduktion im zweiten Röntgenbild darstellen zu können, da es sich röntgenologisch klar von der Umgebung abgrenzt.

**[0046]** Außerdem wird bei einer Lithotripsie einige Zeit vor Beginn der eigentlichen Behandlung, also zum ersten Zeitpunkt, oft vom Patienten ein kompletter 3D-Bilddatensatz angefertigt, z. B. durch Computertomographie oder durch Magnetresonanztomographie. Vor allem wenn der Patient sich dabei in einer in etwa der Lithotripsie entsprechenden Körperlage befindet, behalten die 3D-Bilddaten, welche nicht das darzustellende Objekt betreffen, ihre Gültigkeit. Diese Informationen wiederholt durch Röntgenaufnahmen nochmals abzubilden, ist somit überflüssig und wird durch das erfindungsgemäße Verfahren gerade vermieden. Gerade in der röntgenintensiven Lithotripsie werden so zu vielen verschiedenen zweiten Zeitpunkten, nämlich während der Behandlung, stets nur Röntgenbilder mit geringer Dosis aufgenommen. So summiert sich die Dosisbelastung des Patienten zu einem sehr geringen Wert im Vergleich zu bisher bekannten Verfahren. Informationsverlust für den Arzt besteht hierbei jedoch nicht.

**[0047]** Es wird auch eine Einrichtung angegeben zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt enthaltenden Patienten während einer Stoßwellenbehandlung, mit einem Speicher für einen zu einem ersten Zeitpunkt erzeugten, das Objekt und einen Marker enthaltenden Bilddatensatz, mit einem Röntgensystem zur Aufnahme zu einem zweiten Zeitpunkt eines im Wesentlichen nur das Objekt und den Marker darstellenden Röntgenbildes, und mit einer Auswerteeinheit zur ortsrichtigen Zuordnung des Röntgenbildes anhand des Markers zum Bilddatensatz und zur Entnahme von Information aus dem Bilddatensatz, und mit einer Anzeigeeinheit zur Anzeige des Röntgenbildes zusammen mit der Information während der Stoßwellenbehandlung.

**[0048]** Durch den Speicher ist es möglich, die zeitinvariante Information des Bilddatensatzes für die spätere Auswertung hinsichtlich der Information zur Verfügung zu stellen bzw. bis zum zweiten Zeitpunkt, bzw. der Aufnahme des Röntgenbildes und der Darstellung der Information zu speichern. Das Röntgensystem für das Röntgenbild kann kleiner, leistungsfähiger und kostengünstiger ausgeführt werden, als die zur Aufnahme des Bilddatensatzes, da – wie oben er-

wähnt – das Röntgenbild mit z. B. geringerer Dosis oder kleinerem Bildfeld aufzunehmen ist. Ein leistungsschwächeres Röntgensystem wiederum bringt Vorteile für die gesamte Anlage, da dieses leichter ist und somit die gesamte Anlage, z. B. auch ein das Röntgensystem tragender C-Bogen kleiner dimensioniert, weniger aufwändig und damit kostengünstiger hergestellt werden kann.

**[0049]** Die Auswerteeinheit kann z. B. eine Registrierungseinrichtung zum Registrieren von Bilddatensatz und Röntgenbild anhand der Marker umfassen. Durch die Registrierungseinrichtung erfolgt die ortsrichtige Zuordnung von Röntgenbild und Bilddatensatz. Die Bilder müssen so nicht erst z. B. von Hand, falls überhaupt möglich, aufeinander einjustiert werden.

**[0050]** Der Bilddatensatz kann ein 3D-Bilddatensatz sein. Die Einrichtung enthält dann ein Bildverarbeitungssystem zur Rekonstruktion eines Projektionsbildes aus dem 3D-Bilddatensatz.

**[0051]** Die Einrichtung kann ein Bildverarbeitungssystem zum Verschmelzen eines dem Projektionsbild entnommenen ersten Teilbildes mit einem dem Röntgenbild entnommenen zweiten Teilbild zu einem Kompositbild enthalten.

**[0052]** Das Bildverarbeitungssystem kann hierbei jeweils z. B. eine Computerworkstation mit speziellem Computerprogramm oder eine eigens konstruierte Vorrichtung sein.

**[0053]** Die Einrichtung kann als bildgebendes Teilsystem eines Stoßwellensystems ausgeführt sein. Ein derart ausgerüstetes Stoßwellensystem arbeitet, wie oben erwähnt, deutlich dosisreduziert für Patient und medizinisches Personal. Die erzielte Behandlungsqualität mit den während der Stoßwellenbehandlung aufzunehmenden Röntgenbildern ist dabei, wie oben beschrieben, bei unverminderter Bildqualität und/oder Bildinformation erhalten.

**[0054]** Die weiteren sich aus der Einrichtung ergebenden Vorteile wurden bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

**[0055]** Für eine weitere Beschreibung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigt in einer schematischen Prinzipskizze:

**[0056]** [Fig. 1](#) ein Ablaufschema zur Röntgenbildgebung bei einer Nierensteinlithotripsie.

**[0057]** [Fig. 1](#) zeigt ein Ablaufschema zur Erzeugung eines Röntgenbildes **2** von einem Patienten **4** während einer Nierensteinlithotripsie. Ein Patient **4** sucht im Monat März einen nicht dargestellten Arzt

auf und klagt über Bauchschmerzen. Der Arzt fertigt, angedeutet durch den Pfeil **5**, mit Hilfe eines Röntgengeräts **6** sofort ein Röntgenbild **8** des Patienten **4** durch Bestrahlung des Patienten mit einer Standarddosis an Röntgenstrahlen an. Auf dem Röntgenbild **8** ist neben den Rippen **10** des Patienten auch dessen Niere **12** mit einem darin befindlichen Nierenstein **14** sichtbar.

**[0058]** Um die Erstdiagnose des Nierensteins **14** im Patienten **4** zu bestätigen, ordnet der Arzt eine weitere Untersuchung des Patienten **4** zu einem späteren Zeitpunkt **15**, nämlich im April, an. Dies entspricht dem erfindungsgemäßen ersten Zeitpunkt. Hierbei wird, ebenfalls angedeutet durch den Pfeil **5**, vom Patienten **4** mit Hilfe eines Computertomographen **16** ein 3D-Bilddatensatz **18**, bestehend aus einer Vielzahl von Schichtaufnahmen **20**, angefertigt. Die Auswertung des 3D-Bilddatensatzes **18** bestätigt die Erstdiagnose des Arztes vom März, nämlich dass der Patient **4** an einem Nierenstein **14** leidet.

**[0059]** Der Arzt ordnet hierauf eine Stoßwellenlithotripsie an, welche am Patienten **4** im Mai durchzuführen ist, um den Nierenstein **14** zu zerstören. Im Mai wird, angedeutet durch den Doppelpfeil **21**, mit Hilfe eines Lithotripters **22** am Patienten **4** die Lithotripsie am Nierenstein **14** durchgeführt. Der Lithotripter **22** enthält als Teilsystem ein Röntgenbildsystem **24**.

**[0060]** Nach dem Stand der Technik würden nun während der Lithotripsie eine Vielzahl von Röntgenbildern, jeweils mit Standarddosis an Röntgenstrahlung, vom Patienten **4** angefertigt. Alle Bilder würden sowohl den Nierenstein **14** in seinem jeweils aktuellen Zerstörungszustand als auch die Niere **12** und Rippen **10** in jeweils unverändertem Zustand zeigen. Der Patient wäre hierbei einer hohen Gesamt-röntgendosis ausgesetzt.

**[0061]** Erfindungsgemäß werden im Gegensatz hierzu nun während der Lithotripsie eine Vielzahl von Röntgenaufnahmen vom Patienten **4** mit deutlich gegenüber der Standarddosis reduzierter Dosis angefertigt. Die Aufnahmezeitpunkte **17** dieser Röntgenaufnahmen entsprechen jeweils einem zweiten Zeitpunkt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Von diesen angefertigten Röntgenbildern ist beispielhaft ein Röntgenbild **26** dargestellt.

**[0062]** Da das Röntgenbild **26** z. B. gegenüber dem Röntgenbild **8** bzw. dem 3D-Bilddatensatz **18** mit deutlich reduzierter Röntgendosis aufgenommen wurde, sind auf dem Röntgenbild **26** nur gerade in ausreichender Qualität der Nierenstein **14**, und Teile von zwei Rippen **10** des Patienten **4** sichtbar. Der die Nierensteinlithotripsie durchführende Arzt erkennt somit auf dem Röntgenbild **26** die derzeitige Form, Größe oder den Fragmentierungsgrad des Nierensteins **14**, benötigt jedoch zur Weiterführung der Nie-

rensteinlithotripsie auch Informationen über das umliegende Gewebe, z. B. die Niere **12** oder mehr Information über die Rippen **10** des Patienten **4**.

**[0063]** Diese Information benötigt er, um deren Positionen zu kennen und geeignete Einschusswinkel bzw. -orte zur Ankopplung der Ultraschallstoßwellen am Patienten **4** zu finden. Hierdurch vermeidet er, die Rippen **10** oder empfindliche Stellen der Niere **12** zu treffen. Diese Information wird ihm vom Röntgenbild **26** aber nicht oder nicht ausreichend zur Verfügung gestellt.

**[0064]** Ein Bildverarbeitungssystem **28** extrahiert deshalb aus dem Röntgenbild **26** ein Röntgenteilbild **30**, welches im Wesentlichen lediglich den Nierenstein **14** enthält. Da das Röntgenbild **26** aktuell aufgenommen wurde, enthält es auch die aktuelle Bildinformation des Nierensteins **14**.

**[0065]** Weiterhin erzeugt das Bildverarbeitungssystem **28** aus dem 3D-Bilddatensatz **18** ein Projektionsröntgenbild **32** mit Blickrichtung und Bildausschnitt entsprechend dem Röntgenbild **26**. Hierzu bedient sich das Bildverarbeitungssystem eines nicht dargestellten 3D-Bild-Verrechnungssystems, das die entsprechenden Koordinatentransformationen zwischen Röntgenbildsystem **24** und dem 3D-Bilddatensatz liefert. Hierzu greift das Navigationssystem auf charakteristische Punkte der Rippen **10** zurück, die somit als Marker dienen und ordnet anhand der Rippen **10** Röntgenbild **26** und 3D-Bilddatensatz **18** ortsrichtig einander zu.

**[0066]** Das Projektionsröntgenbild **32** enthält neben der Darstellung des Nierensteins **14** auch die vollständige und hochqualitative Darstellung der Rippen **10** und der Niere **12** des Patienten **4** zum Zeitpunkt April, also dem ersten Zeitpunkt.

**[0067]** Aus dem Projektionsröntgenbild **32** erzeugt das Bildverarbeitungssystem **28** weiter ein zweites Röntgenteilbild **34**, welches die gesamte Bildinformation des Projektionsröntgenbildes **32** mit Ausnahme des Nierensteins **14** enthält. Dessen Darstellung vom April ist nämlich inzwischen nicht mehr aktuell, da er ja gerade zerstört wird und bereits seine Lage und Form geändert hat. Die restlichen im Projektionsröntgenbild dargestellten Bildinformationen vom April sind jedoch auch jetzt, also im Mai, noch gültig. Grund hierfür ist, dass der Patient **4** bei der Erzeugung des 3D-Bilddatensatzes **18** im April in etwa die gleiche Lagerungsposition einnahm wie jetzt im Mai bei der Lithotripsie.

**[0068]** Abschließend vereinigt das Bildverarbeitungssystem **28** die beiden Röntgenteilbilder **30** und **34** zum Röntgenbild **2**, welches nun neben der aktuellen Darstellung des Nierensteins **14** die Darstellung der Niere **12** und der Rippen **10** zum Zeitpunkt der Er-

stellung des 3D-Bilddatensatzes enthält. Somit handelt es sich um ein Kompositröntgenbild. Da sich jedoch weder Gestalt noch Lage der Rippen **10** und der Niere **12** im Patienten **4** von der Aufnahme des 3D-Bilddatensatzes **18** bis zur Durchführung der Nierensteinlithotripsie und damit der Aufnahme des Röntgenbildes **26** verändert haben, zeigt das Röntgenbild **2** die künstliche Gesamtdarstellung eines Röntgenbildes, welches zum Zeitpunkt der Aufnahme des Röntgenbildes **26** mit hoher Röntgendosis tatsächlich vom Patienten **4** aufgenommen worden wäre.

**[0069]** Dem Arzt steht somit die volle Bildinformation in einer aktuellen Darstellung zur Verfügung, obwohl der Patient **4** zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme **26** nur mit einer wesentlich geringeren Röntgendosis belastet wird. Da neben der Röntgenaufnahme **26**, wie oben erwähnt, während der Lithotripsie viele weitere Aufnahmen gemacht werden, ist die Röntgendosis um ein vielfaches gegenüber einem Verfahren nach dem Stand der Technik reduziert. Dort würde jede dieser Aufnahmen mit Standarddosis durchgeführt.

**[0070]** Zur Durchführung der oben genannten Bildverarbeitungsschritte verfügt das Bildverarbeitungssystem **28** über einen Bildspeicher **36**, in welchem die entsprechenden zu bearbeitenden Bilder, z. B. das Projektionsröntgenbild **32** oder das Röntgenbild **26** gespeichert bzw. zwischengespeichert werden. Zugriff auf den 3D-Bilddatensatz **18** hat das Bildverarbeitungssystem **28** hier zum Beispiel über eine nicht dargestellte Netzwerkverbindung zu einem ebenfalls nicht dargestellten Krankenhausinformationssystem. Dort sind sämtliche Bilddaten des betreffenden Patienten **4** archiviert.

**[0071]** Alternativ zum oben geschilderten Vorgehen kann das Röntgenteilbild **34** auch direkt aus dem zum früheren Zeitpunkt mit dem Röntgengerät **6** aufgenommenen Röntgenbild **8** erzeugt werden. Voraussetzung hierzu ist lediglich, dass der Patient **4** bei der Aufnahme des Röntgenbildes **8** in etwa die gleiche Körperlage wie bei der Durchführung der Nierensteinlithotripsie einnahm. Weiterhin ist Voraussetzung, dass die Röntgenaufnahme **8** zumindest im Rahmen des Notwendigen in der gleichen Aufnahme-richtung bzw. Blickrichtung wie das Röntgenbild **26** erzeugt wurde. Die Auswahl des dem Röntgenbild **26** entsprechenden Bildausschnittes und die lage-richtige Drehung des Röntgenbildes **8** wird dann durch das Bildverarbeitungssystem **28** bewerkstelligt.

**[0072]** Als weitere Alternative kann das Röntgenteilbild **34** auch durch eine einmalige Aufnahme eines Röntgenbildes **8** durch das Röntgenbildsystem **24** im Lithotripter **22** mit hoher Röntgendosis aufgenommen werden, angedeutet durch den Pfeil **40**. Hier-

durch entsteht im Röntgenbild **8** eine aktuelle Darstellung der Rippen **10** und der Niere **12** des Patienten, nämlich zeitnah zur Erzeugung des Röntgenbildes **26** und in der tatsächlichen Liegeposition des Patienten **4** bei der Nierensteinlithotripsie. Dieser erste Zeitpunkt und der unten genannte zweite Zeitpunkt liegen in diesem Fall, anders als oben, nur wenige Minuten oder Stunden auseinander. Die restlichen, dem Röntgenbild **26** entsprechenden fortlaufenden Röntgenaufnahmen während der Nierensteinlithotripsie werden dann wieder vom Röntgenbildsystem **24** mit niedriger Röntgendosis zu zweiten Zeitpunkten aufgenommen.

**[0073]** Alternativ oder zusätzlich zur Aufnahme des Röntgenbildes **26** mit niedriger Röntgendosis kann die aktuelle Aufnahme des Nierensteins **14** durch Wahl eines kleineren Bildausschnittes und damit weitere Dosisreduktion für den Patienten **4** durchgeführt werden. Ein entsprechendes Röntgenbild **38** mit aktueller Darstellung des Nierensteins **14** ist gestrichelt dargestellt. Der Bildausschnitt überdeckt im Wesentlichen lediglich die Fläche des Nierensteins **14**.

**[0074]** Alternativ zur bisher beschriebenen Verschmelzung von Röntgenbild **26** und Bilddatensatz **18** kann auch aus dem Bilddatensatz **18** lediglich eine Zusatzinformation im Röntgenbild **2** angezeigt werden. Das Röntgenbild **2** enthält dann lediglich die Bildinformation des Röntgenbildes **26**, als Information **42** werden allerdings die aktuellen Lagekoordinaten des Nierensteins **14** im nicht dargestellten Gerätekoordinatensystem der Lithotripters angezeigt. Außerdem wird eine Position für die Einstrahlung der Stoßwelle angegeben, die vom Bildverarbeitungssystem **28** berechnet wurde. Somit braucht der Arzt das Röntgenbild **2** nicht selbst auszuwerten, um die richtige Einstrahlrichtung bzw. den -ort für die Ankopplung des Stoßwellenkopfes zu ermitteln.

**[0075]** Sämtliche oben genannten Bilder und Informationen werden alleine oder jeweils zusammen auf Bildmonitoren, z. B. Computermonitoren **44** des Bildverarbeitungssystems **28**, als Anzeigeeinheit o. ä. dem Arzt angezeigt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Röntgenbildgebung bei einem ein darzustellendes Objekt (**14**) enthaltenden Patienten (**4**) während einer Stoßwellenbehandlung, bei dem:

- zu einem ersten Zeitpunkt (**15**) ein das Objekt (**14**) und einen Marker (**10**) enthaltender 3D-Bilddatensatz (**8, 18**) erzeugt wird,
- zu einem zweiten Zeitpunkt (**17**) ein im Wesentlichen nur das Objekt (**14**) und den Marker (**10**) darstellendes Röntgenbild (**26, 38**) aufgenommen wird, welches Röntgenbild (**26, 38**) mit einer so geringen Dosis erzeugt und/oder mit einem so kleinen Bildfeld

aufgenommen wird, dass das Objekt (**14**) und der Marker (**10**) gerade noch erkennbar sind,

- das Röntgenbild (**26, 38**) anhand des Markers (**10**) dem 3D-Bilddatensatz (**8, 18**) ortsrichtig zugeordnet wird,
- das Röntgenbild (**26, 38**) zusammen mit einer dem 3D-Bilddatensatz (**8, 18**) entnommenen Information (**34, 42**) während der Stoßwellenbehandlung angezeigt wird,
- ein Projektionsbild (**32**) in Blickrichtung des Röntgenbildes (**26, 38**) aus dem 3D-Bilddatensatz (**8, 18**) rekonstruiert wird und zusammen mit dem Röntgenbild (**26, 38**) angezeigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Information (**34, 42**) die Ortsposition des Objekts (**14**) im Patienten (**4**) angezeigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als Information (**34, 42**) Bildinformation der im Röntgenbild (**26, 38**) nicht dargestellten Umgebung des Objekts (**14**) dargestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein dem Projektionsbild (**32**) entnommenes erstes Teilbild (**34**) mit einem dem Röntgenbild (**26, 38**) entnommenen zweiten Teilbild (**30**) zu einem Kompositbild (**2**) verschmolzen wird, und das Kompositbild (**2**) angezeigt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als Objekt (**14**) ein während einer Stoßwellenbehandlung zu zerstörendes Konkrement dargestellt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

