

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Lithotripsie-Einrichtung und auf eine mit diesem Verfahren betriebene Lithotripsie-Einrichtung.

[0002] Bei der Lithotripsie handelt es sich um eine therapeutische Maßnahme, bei der ein im Körper eines Patienten befindliches Konkrement ohne operativen Eingriff mit Hilfe einer fokussierten Stoßwelle zerstört wird. Hierzu wird an den Patienten mechanisch eine Stoßwellenquelle angekoppelt, indem diese mit einem so genannten fluidgefüllten Koppelbalg auf die Körperoberfläche aufgesetzt wird.

[0003] Um eine effiziente Zerstörung des Konkrements sicherzustellen und Schäden in dem das Konkrement umgebenden Gewebe weitgehend zu vermeiden, ist es erforderlich, einerseits das Konkrement zu orten und andererseits den Fokus der Stoßwellenquelle exakt im Konkrement zu positionieren.

[0004] Zur Ortung des Konkrements ist es beispielsweise aus der DE 197 46 956 A1 bekannt, die Stoßwellenquelle mit einer Röntgenortungseinrichtung zu koppeln. Bei dieser Röntgenortungseinrichtung handelt es sich um ein so genanntes C-Bogen-Röntgengerät, bei dem an einem Ende eines C-Bogens eine Röntgenquelle und am anderen Ende ein Röntgenempfänger angeordnet ist. Die Stoßwellenquelle ist am Ende eines Tragarmes angeordnet, der passgenau und definiert mit einem an der Röntgenortungseinrichtung befindlichen Halteteil gekoppelt ist. Durch diese passgenaue Kopplung kann erreicht werden, dass der Fokus der von der Stoßwellenquelle erzeugten Stoßwelle mit dem Isozentrum des C-Bogens und damit mit der Bildmitte des Röntgenempfängers zusammenfällt.

[0005] Einfache Lithotripsie-Einrichtungen sind meist modular aus einzelnen Komponenten – Patiententisch, fahrbare bildgebende Einrichtung, beispielsweise Röntgen-C-Bogen- oder Ultraschallgerät sowie separate Stoßwellenquelle – aufgebaut. Durch die Verwendung voneinander unabhängiger, d.h. mechanisch ungekoppelter bildgebender Einrichtungen und Stoßwellenquelle ist die bei der bekannten Einrichtung gegebene feste Zuordnung zwischen Bild (Röntgenbild oder Ultraschallbild) und Stoßwellenfokus von vornherein nicht mehr gegeben.

[0006] Auch bei der aus der DE 197 46 956 A1 bekannten Einrichtung, bei der Stoßwellenquelle und bildgebende Einrichtung mechanisch miteinander gekoppelt sind, hat sich herausgestellt, dass durch die beim Ankoppeln der Stoßwellenquelle an den Patienten auftretenden Kräfte der physikalische Fokus der Stoßwellenquelle von dem im Bild unter der Annahme einer festen räumlichen Beziehung angezeigt

ten Fokuslage auswandert.

[0007] Dadurch kann es sowohl bei modular aufgebauten Lithotripsie-Einrichtungen als auch bei Lithotripsie-Einrichtungen, bei denen Stoßwellenquelle und bildgebende Einrichtung mechanisch miteinander gekoppelt sind zu fehlerhaften Positionierungen der Stoßwellenquelle relativ zum Konkrement kommen, die eine erhebliche Gefahr für den Patienten darstellen.

[0008] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Lithotripsie-Einrichtung anzugeben, mit dem die Gefahr einer fehlerhaften Positionierung des Fokus einer Stoßwellenquelle bei der Behandlung eines Patienten deutlich verringert ist. Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine mit diesem Verfahren betriebene Lithotripsie-Einrichtung anzugeben.

[0009] Hinsichtlich des Verfahrens wird die genannte Aufgabe gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Bei diesem Verfahren wird gemäß der Erfindung mit einem Navigationssystem die Position der Stoßwellenquelle in einem der bildgebenden Einrichtung zugeordneten Koordinatensystem bestimmt. Da zwischen Position der Stoßwellenquelle und Fokus der Stoßwelle einerseits und zwischen einem der bildgebenden Einrichtung zugeordneten Koordinatensystem und dem Bildkoordinatensystem dieser Einrichtung andererseits bekannte feste Relationen bestehen, ist durch diese Maßnahme von vornherein die Position des Fokus im Bildkoordinatensystem der bildgebenden Einrichtung und damit auch relativ zu einem in diesem Bild wiedergegebenen Konkrement bekannt, so dass zur exakten Positionierung des Fokus der Stoßwelle eine mechanische Kopplung zwischen Stoßwellenquelle und bildgebender Einrichtung nicht mehr erforderlich ist. Mit anderen Worten: Die Stoßwellenquelle kann mechanisch entkoppelt von der bildgebenden Einrichtung zur Fokussierung manuell geführt werden. Darüber hinaus ist auch bei einer Lithotripsie-Einrichtung, bei der Stoßwellenquelle und bildgebende Einrichtung mechanisch miteinander gekoppelt sind eine durch mechanische Verformung verursachte Fehlpositionierung vermeiden, da Verbiegungen und Auslenkungen eines die Stoßwellenquelle tragenden Gelenkarmes aufgrund der a priori bekannten Lage der Stoßwellenquelle nicht mehr zu einer Fehlfokussierung führen können. Dadurch kann auch bei derart mechanisch gekoppelten Lithotripsie-Einrichtungen die gesamte Mechanik konstruktiv einfacher ausgeführt werden.

[0010] Wenn die Istlage des Fokus im von der bildgebenden Einrichtung erzeugten Bild angezeigt wird, ist auf besonders einfache und intuitive Weise manuell eine exakte Positionierung der Stoßwellenquelle möglich.

[0011] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird das Konkrement im Bild markiert und der Fokus der Stoßwellenquelle automatisch im Konkrement positioniert.

[0012] Das Navigationssystem kann an einem beliebigen Ort im Raum positioniert sein. Um die Position der Stoßwellenquelle (bzw. des Fokus) in dem der bildgebenden Einrichtung zugeordneten Koordinatensystem erfassen zu können, muss lediglich die Koordinatentransformation zwischen einem intrinsischen, dem Navigationssystem zugeordneten Koordinatensystem und dem Koordinatensystem der bildgebenden Einrichtung bekannt sein. Wenn das Navigationssystem unabhängig von der Stoßwellenquelle und der bildgebenden Einrichtung im Raum positioniert ist, müssen von diesem sowohl die Position der Stoßwellenquelle als auch der bildgebenden Einrichtung erfasst werden. Wenn das intrinsische Koordinatensystem des Navigationssystems ortsfest zur Stoßwellenquelle ist, indem ein Basismodul das Navigationssystems starr mit der Stoßwellenquelle verbunden ist, muss nur noch die Lage der bildgebenden Einrichtung erfasst werden. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Basismodul des Navigationssystems an der bildgebenden Einrichtung angeordnet. Auf diese Weise werden die vom Navigationssystem erfassten Koordinaten ohne weitere Umrechnung von vornherein in einem ortsfesten der bildgebenden Einrichtung zugeordneten Koordinatensystem erfasst.

[0013] Wenn die bildgebende Einrichtung ein C-Bogen-Röntgengerät ist, wird in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung der Sender am Röntgenempfänger angeordnet. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass eine von seiner Lage im Raum abhängige Durchbiegung des C-Bogens keine Rolle spielt.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird mit dem Navigationssystem die Durchbiegung des C-Bogens erfasst und bei der Wiedergabe der Istlage des Fokus relativ zum Konkrement im von der bildgebenden Einrichtung erzeugten Bild berücksichtigt wird.

[0015] Wenn als Navigationssystem ein magnetisches Navigationssystem verwendet wird, ist zwischen den Sensoren oder Markern und den Sender keine direkte Sichtverbindung erforderlich, so dass die Anwesenheit eines derartigen Navigationssystems keine besondere Rücksichtnahme hinsichtlich der Position des Patienten oder des behandelnden Arztes erforderlich ist.

[0016] Hinsichtlich der Lithotripsie-Einrichtung wird die Aufgabe gemäß der Erfindung gelöst mit einer Lithotripsie-Einrichtung mit den Merkmalen des Patentsanspruches 7. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Lithotripsie-Einrichtung sind in den diesem zugeordne-

ten Unteransprüchen angegeben.

[0017] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung verwiesen, in deren einziger Figur eine Lithotripsie-Einrichtung gemäß der Erfindung schematisch dargestellt ist.

[0018] Gemäß der Figur enthält die Lithotripsie-Einrichtung eine Stoßwellenquelle **2** zum Erzeugen einer Stoßwelle, die in einem Fokus **F** fokussiert ist. Die Stoßwellenquelle **2** ist am freien Ende eines nur schematisch dargestellten Gelenkarmes **4** angeordnet, der schwenkbar an einer fahrbaren Konsole **6** gelagert ist.

[0019] Mit Hilfe einer bildgebenden Einrichtung **8**, im Beispiel ein C-Bogen-Röntgengerät, bei dem an einem freien Ende eines um zwei zueinander senkrechten Achsen schwenkbaren C-förmigen Bogen **9** eine Röntgenquelle **10** und am anderen freien Ende ein Röntgenempfänger **12** angeordnet ist, ein Bild eines im Inneren eines Lebewesens befindlichen Konkrements **K** erzeugt und in einer Wiedergabeeinrichtung **14**, im Beispiel ein Monitor, wiedergegeben. Mit dieser bildgebenden Einrichtung **8** kann das Konkrement **K** geortet und in seiner Ausdehnung erfasst werden.

[0020] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die bildgebende Einrichtung **8** ebenfalls an einer fahrbaren Konsole **16** angeordnet, die unabhängig von der Konsole **6** verfahrbar sind. Alternativ zu der in der Figur dargestellten Ausführungsform ist es jedoch prinzipiell auch möglich, dass Stoßwellenquelle **2** und bildgebende Einrichtung **8** an einer einzigen Konsole gelagert sind.

[0021] In der Figur ist nun eine Situation eingezeichnet, bei der die Istlage des Fokus **F** mit der Lage des Konkrements **K** nicht übereinstimmt.

[0022] Die Lithotripsie-Einrichtung umfasst außerdem ein Navigationssystem **20**, mit dem die Position der Stoßwellenquelle **2** und damit die Position des Fokus **F** in einem der bildgebenden Einrichtung **8** zugeordneten Koordinatensystem $x'y'z'$ bestimmt wird.

[0023] Ein derartiges 3D-Navigationssystem umfasst ein Basismodul **22**, dem eine Mehrzahl von Markern **24** zugeordnet ist und mit dem die Position dieser Marker **24** relativ zum Basismodul **22**, d. h. in einem diesem Basismodul **22** zugeordneten Koordinatensystem unmittelbar erfasst werden kann, aus der dann die Position im Koordinatensystem $x'y'z'$ durch Koordinatentransformation berechnet werden kann.

[0024] Bei dem Navigationssystem **20** kann es sich um ein konventionelles optisches, in der Regel im Infrarotbereich arbeitendes Navigationssystem han-

deln. In diesem Fall ist das Basismodul **22** in Empfänger, der die von den Markern **24** passiv reflektierten oder aktiv gesendeten optischen Signale empfängt, aus denen dann durch Triangulation oder Laufzeitmessung die Position der Marker berechnet wird. Alternativ hierzu kann auch ein elektromagnetisches Navigationssystem zum Einsatz gelangen. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines magnetischen Navigationssystems, wie es beispielsweise von der Ascension Technology Corp., Burlington, USA vertrieben wird, da in diesem Fall weder eine unmittelbare Sichtverbindung zwischen Marker **24** und Basismodul **22** erforderlich ist noch elektrisch leitfähige Komponenten die Messung nicht beeinflussen. Mit einem solchen magnetischen Navigationssystem, dessen prinzipielle Funktionsweise beispielsweise in der US 4,849,692 näher erläutert ist, kann die Lage eines Objektes im Raum mit einer Genauigkeit von 0,5 bis 1mm erfasst werden kann.

[0025] Im dargestellten Beispiel ist das Basismodul **22**, bei einem magnetischen Navigationssystem **20** der Sender, am Röntgenempfänger **12**, im Beispiel ein Bildverstärker, angeordnet. Drei Marker **24** (bei einem magnetischen Navigationssystem als Sensoren bezeichnet) befinden sich an der Stoßwellenquelle **2**, deren Position und Orientierung im Raum relativ zum ortsfest mit der bildgebenden Einrichtung **8** verbunden Sender **22** auf diese Weise erfasst werden kann. Damit ist auch die Lage des Fokus F im Koordinatensystem $x'y'z'$ festgelegt. Ein weiterer Sensor oder Marker **24** befindet sich an einem Tragarm **26**, mit dem der C-Bogen **9** an der Konsole **16** gelagert ist, um auf diese Weise eine Selbstüberwachung des Navigationssystems **20** zu ermöglichen.

[0026] Im dargestellten Beispiel sind an der Stoßwellenquelle **2** drei Marker **24** angeordnet. Diese Anzahl ist notwendig, wenn die Stoßwellenquelle **2** frei im Raum positionierbar ist. Je nach Anzahl der Freiheitsgrade der Stoßwellenquelle **2** kann die Anzahl der notwendigen Marker **24** auch weniger sein.

[0027] Sowohl Basismodul **22** als auch Sensoren oder Marker **24** sind im dargestellten Beispiel über Kabel mit einer zentralen Steuereinrichtung **28** des Navigationssystems **20** verbunden. Alternativ hierzu ist es aber auch möglich die entsprechenden Mess- und Steuersignale kabellos zu übertragen.

[0028] Die vom Navigationssystem **20** ermittelten Positionsdaten der Stoßwellenquelle **2** und damit des Fokus F werden an eine zentrale Steuer- und Auswerteeinrichtung **30** übermittelt, in der auch die von der bildgebenden Einrichtung **8** erzeugten Bilddaten verarbeitet werden. In das aus der Umgebung des Konkrement K erzeugte Bild – im Beispiel ein Röntgenbild – wird nun mit Hilfe der Auswerteeinrichtung **30** der Fokus F lagerichtig beispielsweise in Form eines Kreuzes in das Bild eingeblendet. Dies ermög-

licht dem behandelnden Arzt, den Fokus F manuell durch Lageveränderung der Stoßwellenquelle **2** im Konkrement K zu positionieren. Anstelle einer solchen manuelle Positionierung ist auch eine automatische Steuerung der Lage der Stoßwellenquelle **2** vorstellbar, bei der diese mit Hilfe der Steuer- und Auswerteeinrichtung **30** sowie in der Figur nicht dargestellter motorischer Antriebe automatisch derart geführt wird, dass der Fokus F automatisch in einem vorher beispielsweise manuell durch den behandelnden Arzt im in der Wiedergabeeinrichtung **14** wiedergegebenen Bild markierten Zielgebiet im Konkrement positioniert wird.

[0029] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist auch an der Röntgenquelle **10** wenigstens ein Sensor oder Marker **24** angebracht. Mit einem solchen Marker **24** kann eine Durchbiegung des die Röntgenquelle **10** und den Röntgenempfänger **12** tragenden C-Bogens **9** erfasst werden, die um so ausgeprägter ist, je weiter Röntgenquelle **10** und Röntgenempfänger **12** aus der in der Fig. dargestellten Position, bei der die Systemachse vertikal ausgerichtet ist, herausgeschwenkt werden. Eine solche Durchbiegung hat zur Folge, dass ein Konkrement K, das sich beispielsweise bei einer vertikalen Ausrichtung der Systemachse und damit vernachlässigbarer Durchbiegung des C-Bogens **9** auf dieser Systemachse im Isozentrum des C-Bogens **9** befindet und korrekt in der Mitte des vom Röntgenempfänger **12** erzeugten Röntgenbildes wiedergegeben wird, aus dieser Mitte auswandert, wenn die Systemachse zur Horizontalen hin geschwenkt wird. Dies wiederum würde zu einer Nachführung der Stoßwellenquelle **2** führen, obwohl sich der Ort des Konkrements K im Raum nicht verändert hat. Mit anderen Worten: Wenn der Fokus F der Stoßwellenquelle **2** bei vertikaler Ausrichtung der Systemachse korrekt im Konkrement K positioniert war, würde eine solche Durchbiegung des C-Bogens, falls sie unberücksichtigt bliebe, im Röntgenbild einen außerhalb des Konkrements K liegenden Fokus F anzeigen. Durch die Anbringung eines oder mehrerer Sensoren oder Marker **24** an der Röntgenquelle **10** kann nun eine solche Durchbiegung erfasst und durch die Steuer- und Auswerteeinrichtung **30** bei der Wiedergabe der Istlage des Fokus F relativ zum Konkrement K des vom Röntgenempfänger **12** erzeugten Röntgenbildes berücksichtigt werden, so dass der in das Röntgenbild eingeblendete Fokus F erneut innerhalb des im Röntgenbild wiedergegebenen Konkrements K angezeigt wird.

[0030] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Basismodul **22** unmittelbar am Röntgenempfänger **12** und damit in einer festen Beziehung zu einem der bildgebenden Einrichtung **8** ortsfest zugeordneten Koordinatensystem – dem Bildkoordinatensystem – angeordnet. Alternativ hierzu ist es auch möglich, das Basismodul **22** an der Stoßwellenquelle **2** anzuordnen und mit Hilfe von am Röntgenempfänger **12** an-

geordneten Sensoren oder Markern dessen Position relativ zu einem der Stoßwellenquelle **2** ortsfest zugeordneten Koordinatensystem zu bestimmen. Darüber hinaus kann das Basismodul **22** auch an einer beliebigen anderen Stelle im Raum positioniert sein und es können und mit Hilfe von Markern **24** oder Sensoren am Röntgenempfänger **12** und an der Stoßwellenquelle **2** deren Positionen in einem ortsfesten Koordinatensystem xyz bestimmt werden. Auch in diesem Fall kann durch eine einfache Koordinatentransformation die Lage der Stoßwellenquelle **2** bzw. des Fokus F relativ zum Bildkoordinatensystem berechnet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Lithotripsie-Einrichtung, bei dem mit einer Stoßwellenquelle (**2**) eine in einem Fokus (F) fokussierte Stoßwelle erzeugt und mit einer bildgebenden Einrichtung (**8**) ein zu zerstörendes Konkrement (K) geortet wird, und bei dem mit einem Navigationssystem (**20**) die Position der Stoßwellenquelle (**2**) in einem der bildgebenden Einrichtung (**8**) zugeordneten Koordinatensystem (x'y'z') bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Istlage des Fokus (F) im von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bild angezeigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Fokus (F) automatisch in einem Zielgebiet positioniert wird, das in einem von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bild markiert ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Navigationssystem (**20**) ein Basismodul (**22**) umfasst, das an der bildgebenden Einrichtung (**8**) angeordnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem als bildgebende Einrichtung (**8**) ein C-Bogen-Röntgengerät verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Basismodul (**22**) des Navigationssystems (**20**) am Röntgenempfänger (**12**) angeordnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, bei dem mit dem Navigationssystem (**20**) die Durchbiegung des C-Bogens erfasst und bei der Wiedergabe der Istlage des Fokus (F) relativ zum Konkrement (K) im von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bild berücksichtigt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als Navigationssystem (**20**) ein magnetisches Navigationssystem verwendet wird.

9. Lithotripsie-Einrichtung mit einer Stoßwellen-

quelle (**2**) zum Erzeugen einer in einem Fokus (F) fokussierten Stoßwelle und mit einer bildgebenden Einrichtung (**8**) zum Orten eines zu zerstörenden Konkrements (K), sowie mit einem Navigationssystem (**20**) zum Erfassen der Position der Stoßwellenquelle (**2**) in einem der bildgebenden Einrichtung (**8**) zugeordneten Koordinatensystem (x'y'z').

10. Lithotripsie-Einrichtung nach Anspruch 9, mit einer Wiedergabeeinrichtung (**14**) zur Wiedergabe der einen von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bildes und zum Anzeigen der Istlage des Fokus (F) in diesem Bild.

11. Lithotripsie-Einrichtung nach Anspruch 9 oder 10, mit einer Steuer- und Auswerteeinrichtung (**30**) zum automatischen Positionieren des Fokus (F) in einem Zielgebiet, das in einem von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bild markiert ist.

12. Lithotripsie-Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei der das Navigationssystem (**20**) ein Basismodul (**22**) umfasst, das an der bildgebenden Einrichtung (**8**) angeordnet ist.

13. Lithotripsie-Einrichtung nach Anspruch 12, bei der die bildgebende Einrichtung (**8**) ein C-Bogen-Röntgengerät ist.

14. Lithotripsie-Einrichtung nach Anspruch 13, bei der das Basismodul (**22**) des Navigationssystems (**20**) am Röntgenempfänger (**12**) angeordnet ist.

15. Lithotripsie-Einrichtung nach Anspruch 13 oder 14, bei der das Navigationssystem (**20**) die Durchbiegung des C-Bogens erfasst, die bei der Wiedergabe der Istlage des Fokus (F) relativ zum Konkrement (K) im von der bildgebenden Einrichtung (**8**) erzeugten Bild berücksichtigt wird.

16. Lithotripsie-Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, bei der das Navigationssystem (**20**) ein magnetisches Navigationssystem ist.

17. Lithotripsie-Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, bei der bildgebende Einrichtung (**8**) und Stoßwellenquelle (**2**) mechanisch entkoppelt sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

