



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.10.2010 Patentblatt 2010/42

(51) Int Cl.:
H05H 7/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10155350.1**

(22) Anmeldetag: **03.03.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Uhl, Thomas**
35102, Lohra (DE)

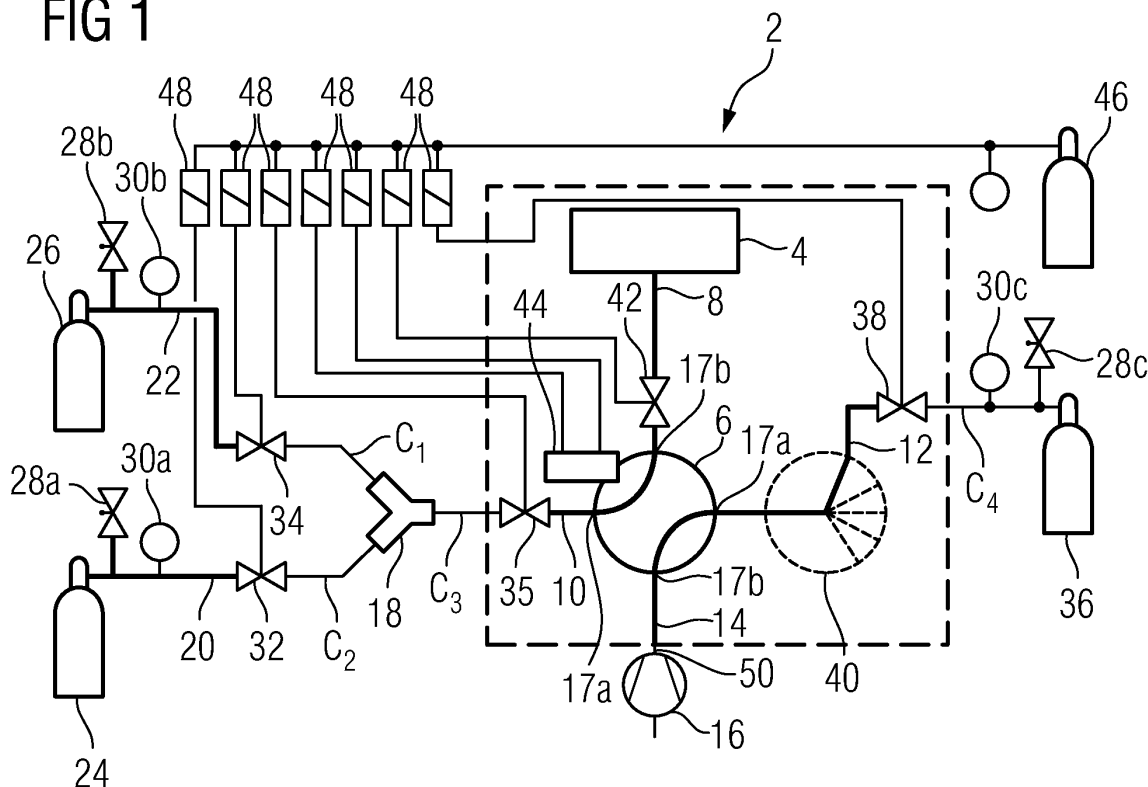
(30) Priorität: **16.04.2009 DE 102009017648**

(54) **Gasinjektionssystem und Verfahren zum Betrieb eines Gasinjektionssystems, insbesondere für eine Partikeltherapieanlage**

(57) Ein Gasinjektionssystem (2), insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, umfasst eine erste Leitung (8) zum Einleiten von Gas in eine Ionenquelle (4) sowie eine zweite und eine dritte Leitung (10,12) für zwei getrennte Gasströme, die in die Ionenquelle (4) eingeleitet werden können. Ein besonders schnelles Umschalten zwischen den Gasströmen erfolgt mit Hilfe eines Mehrweg-Umschaltventils (6). Dabei münden die zweite und

die dritte Leitung (10,12) in jeweils einen Eingang (17a) des Mehrweg-Umschaltventils (6) und die erste Leitung (8) ist an einen Ausgang (17b) des Mehrweg-Umschaltventils (6) angeschlossen. Das Mehrweg-Umschaltventil (6) ist derart einstellbar, dass entweder der Gasstrom aus der zweiten Leitung (10) oder der Gasstrom aus der dritten Leitung (12) über die erste Leitung (8) in die Ionenquelle (4) eingeleitet wird.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gasinjektionssystem, insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, sowie ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Gasinjektionssystems.

[0002] Bei einer Partikeltherapie insbesondere von Krebserkrankungen, wird ein Partikelstrahl beispielsweise aus Protonen oder Schwerionen, wie z.B. Kohlenstoffionen, erzeugt. Der Partikelstrahl wird in einem Beschleuniger erzeugt und in einen Behandlungsraum geführt und tritt dort über ein Austrittsfenster ein. In einer besonderen Ausführung kann der Partikelstrahl von dem Beschleuniger abwechselnd in verschiedene Behandlungsräume gelenkt werden. In dem Bestrahlungsraum ist ein zu therapierender Patient z.B. auf einem Patiententisch positioniert und gegebenenfalls immobilisiert.

[0003] Zum Erzeugen des Partikelstrahls enthält der Beschleuniger eine Ionenquelle, beispielsweise eine Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquelle (EZR-Ionenquelle). In der Ionenquelle wird eine gerichtete Bewegung von freien Ionen mit einer bestimmten Energieverteilung erzeugt. Dabei sind positiv geladene Ionen, wie Protonen oder Kohlenstoffionen, ideal für die Bestrahlung bestimmter Tumore. Der Grund dafür ist, dass sie mit Hilfe des Beschleunigers auf hohe Energien gebracht werden können und zum anderen geben sie ihre Energie im Körpergewebe sehr präzise wieder ab. Die in der Ionenquelle erzeugten Partikel laufen in einem Synchrotron-Ring mit mehr als 50 MeV/u auf einer Kreisbahn um. Es wird somit für die Therapie ein gepulster Partikelstrahl mit exakt vorher definierter Energie, Fokussierung und Intensität geliefert.

[0004] Zum Erzeugen der Teilchen wird in die Ionenquelle ein Gas, welches ionisiert werden soll, eingeleitet. Für einen definierten Partikelstrahl ist ein hochgenauer und gleichbleibender Gasstrom des zugeleiteten Gases erforderlich. Um behandlungsabhängig unterschiedliche Gase, wie z.B. Kohlenstoffdioxid oder Wasserstoff, alternierend in die Ionenquelle einleiten zu können, sind für die Gasströme separate Leitungen vorgesehen, die in die Ionenquelle münden. Beim Wechsel des Gasstromes zum Erzeugen eines neuen Partikelstrahls werden beispielsweise zuerst die Gasleitungen des aktuellen Betriebsgases geschlossen, das System wird durchgespült und erst dann wird der andere Gasstrom in die Ionenquelle eingeleitet.

[0005] Die Einstellung eines hochgenauen gewünschten Gasstroms ist jedoch schwierig und damit zeitaufwändig. Die Durchflussraten hängen von der gewählten Gasart ab und liegen im Allgemeinen unter 1 sccm (Standardkubikzentimeter pro Minute), für Kohlenstoffdioxid bei einer Sputterionenquelle z.B. bei 0,002 sccm. Und bei einer EZR-Ionenquelle z.B. bei ca. 0,3 sccm.

[0006] Zum Einstellen des Drucks und damit des Gasstroms in den Gasleitungen werden heutzutage temperaturgesteuerte Nadelventile eingesetzt, über die eine genaue Einstellung der gewünschten geringen Durch-

flussrate schwierig ist. Da zudem ein direktes Messen der Durchflussraten nicht mit der gewünschten Genauigkeit möglich ist, erfolgt die Einstellung der Durchflussrate durch Messen des erzeugten Partikelstrahls und ein sukzessives Verstellen des Nadelventils nach dem try-and-error-Prinzip. Weiterhin sind die Ventile sehr temperaturempfindlich. Variationen der Umgebungstemperatur führen daher zu Schwankungen der Durchflussrate. Aus diesem Grund muss die Umgebungstemperatur innerhalb von 2°C stabil gehalten werden. Darüber hinaus ist es erforderlich nach Austausch von Komponenten, z.B. von in den Leitungen angeordneten Ventilen, die Parameter des Systems neu einzustellen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein möglichst schnelles Umschalten zwischen den unterschiedlichen Gasen, die in die Ionenquelle eingeleitet werden, zu ermöglichen.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Gasinjektionssystem, insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, umfassend eine erste Leitung zum Einleiten von Gas in eine Ionenquelle, eine zweite und eine dritte Leitung für zwei getrennte Gasströme, sowie ein Mehrweg-Umschaltventil, wobei die zweite und die dritte Leitung jeweils in einen Eingang des Mehrweg-Umschaltventils münden und wobei die erste Leitung an einen Ausgang des Mehrweg-Umschaltventils angeschlossen ist und das Mehrweg-Umschaltventil derart ausgebildet ist, dass wahlweise der eine oder der andere Eingang mit dem Ausgang verbunden ist, so dass entweder die zweite oder die dritte Leitung mit der ersten Leitung strömungstechnisch verbunden ist.

[0009] Ein wichtiger Vorteil des Gasinjektionssystems besteht darin, dass dank des Mehrweg-Umschaltventils, an welches sowohl die zweite als auch die dritte Leitung angeschlossen sind, ein besonders schnelles Umschalten zwischen diesen Leitungen erfolgt, so dass abwechselnd der Gasstrom aus der zweiten oder aus der dritten Leitung in die erste Leitung bzw. in die Ionenquelle eingeleitet wird. Die Zeit zum Umschalten bei einem solchen Ventil liegt bei weniger als 1 Sekunde und nach weniger als 5 Sekunden ist der Gasstrom in der ersten Leitung stabil. Somit kann innerhalb von wenigen Sekunden ein neuer konstanter Gasstrom eingestellt werden und die Art der Ionen im Partikelstrahl geändert werden, ohne dass das System gereinigt werden muss, wenn das Betriebsgas geändert wird.

[0010] Unter Umschaltventil wird hierbei ein Ventil verstanden, das ohne Vermischen der beiden Gasströme wechselweise den einen oder den anderen Eingang mit dem Ausgang strömungstechnisch verbindet. Es erfolgt daher quasi ein digitales Umschalten zwischen den Gasströmen.

[0011] Ein weiterer Vorteil beim Einsatz des Mehrweg-Umschaltventils ist, dass nur eine Leitung erforderlich ist, durch welche Abwechselnd unterschiedliche Gasströme in die Ionenquelle eingeleitet werden, so dass eine Reduzierung des Raumbedarfs vorliegt.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist

das Mehrweg-Umschaltventil einen zweiten Ausgang auf, wobei die Leitung, die mit der ersten Leitung nicht strömungstechnisch kommuniziert, mit dem zweiten Ausgang verbunden ist. Somit strömt auch das Gas, welches nicht in die Ionenquelle eingeleitet wird, insbesondere kontinuierlich aus dem Mehrweg-Umschaltventil hinaus, so dass sich eine stabile Gasströmung einstellt.

[0013] Vorzugsweise ist an den zweiten Ausgang eine Pumpe, insbesondere eine Vakuumpumpe, angeschlossen. Dies bedeutet, dass die Leitung, die über das Mehrweg-Umschaltventil mit der ersten Leitung zur Gaszufuhr in die Ionenquelle nicht strömungstechnisch kommuniziert, mit der Pumpe verbunden ist, so dass das Gas in dieser Leitung kontinuierlich aus dem System abgesaugt wird. Die Vakuumpumpe simuliert hierbei die evakuierten Ionenquelle. Die Strömungsparameter für die Gasströme ändern sich daher im Betrieb der Partikeltherapieanlage nicht, auch wenn einer dieser Gasströme für die Erzeugung des Partikelstrahls gerade nicht verwendet wird. Wenn sich stabile Gasströme in der zweiten und der dritten Leitung eingestellt haben, dann werden diese bevorzugt nicht unterbrochen, auch wenn eins dieser Gasströme nicht in die Ionenquelle eingeleitet wird. Die Gasströme werden unterbrochen wenn sie länger als z.B. 30 min nicht gebraucht werden, dafür ist ein zusätzliches On-Off-Ventil an jeder Leitung vor dem Mehrweg-Umschaltventil eingebaut. Im Betrieb der Partikeltherapieanlage fließen die Gasströme kontinuierlich entweder in Richtung der Ionenquelle oder aus dem Gasinjektionssystem heraus. Da es sich dabei um sehr kleine Gasströme handelt, die in Bereich von wenigen Standard-Mikrolitern pro Minute liegen, sind die Gasverluste sehr klein.

[0014] Zweckdienlicherweise ist das Mehrweg-Umschaltventil ein 2-Positions-4-Wege-Ventil. Dies bedeutet, dass das Ventil zwei Eingänge sowie zwei Ausgänge aufweist, so dass durch das Ventil parallel zwei Gasströme in zwei unterschiedliche Richtungen fließen können. Beim Umschalten des Ventils wird jeder der Eingänge an den jeweils anderen Ausgang angeschlossen, so dass die Richtung der Gasströme aus dem Ventil heraus geändert wird.

[0015] Damit mehr als nur zwei Gasströme in die Ionenquelle eingeleitet werden können, ist vorzugsweise ein zusätzliches Multipositionsventil vorgesehen, welches strömungstechnisch an einen der Eingänge des Mehrweg-Umschaltventils angeschlossen ist. Das Multipositionsventil ist mit dem Mehrweg-Umschaltventil vorgeschaltet. Eingangsseitig sind die zweite und die dritte Leitung sowie zumindest eine weitere Leitung angeschlossen. Somit können durch einen der Eingänge des Mehrweg-Umschaltventils alternierend mehrere Gasströme in das Mehrweg-Umschaltventil eingeleitet werden.

[0016] Bevorzugt sind die zweite und dritte Leitung zumindest abschnittsweise aus Kapillaren, insbesondere aus Glaskapillaren, zum Einstellen des Volumenstroms gebildet. Das Gas im System gelangt aufgrund des in

der Ionenquelle herrschenden Vakuums zur Ionenquelle. Das Gas wird üblicherweise von einem Gasspeicher mit einem Druck von einigen bar, beispielsweise von 2 bar, bereitgestellt. Zur Einstellung der gewünschten Durchfluss- oder Strömungsrate ist daher eine genaue und zuverlässige konstante Druckreduzierung, z.B. von etwa 2 bar auf nahezu 0 bar, erforderlich. Um dies zu erreichen und dabei einen möglichst wenig schwankenden Gasvolumenstrom einzustellen, der von den Umwelteinflüssen minimal abhängig ist, sind die Kapillaren vorgesehen. Die Eigenschaften der Kapillare wie Länge und innerer Durchmesser unter Berücksichtigung des Drucks auf der Hochdruckseite (2bar) und der Niederdruckseite (0bar) sind derart gewählt, dass der gewünschte Druckabfall entlang der Kapillaren erfolgt. Dabei ist der Gasstrom aufgrund der konstanten Druckdifferenz zwischen der Hochdruckseite und dem Vakuum in der Ionenquelle konstant gehalten.

[0017] Bei der Glaskapillare handelt es sich allgemein um ein passiv wirkendes Drosselorgan, das unempfindlich gegen äußere Einflüsse, wie beispielsweise Temperaturschwankungen ist. Die Kapillaren stellen die engsten Bereiche der Leitungen dar und weisen einen äußeren Durchmesser, der <1mm und insbesondere <0,5mm ist und eine Länge von mehreren Dezimetern oder einigen Metern auf. Die Kapillaren münden in die Armaturen oder in einen Leitungsabschnitt mit einem größeren Durchmesser, wobei die Durchflussrate des Gases, die durch eine Kapillare eingestellt ist, stromabwärts konstant bleibt. Da im Gasinjektionssystem der Druckabfall über die Kapillaren geregelt wird, müssen die Einstellungen nach Austausch eines Ventiles nicht überprüft werden und es ist keine Feinjustage erforderlich, d.h. die Parametereinstellungen des Systems sind hoch reproduzierbar.

[0018] Zweckdienlicherweise ist ein Steuersystem vorgesehen, das aus den geometrischen Daten der Kapillaren die Durchflussrate des durch die erste Leitung der Ionenquelle zugeführten Gases ermittelt.

[0019] Zur Ausbildung eines Gasgemisches münden vorzugsweise zumindest zwei Vorleitungen in die zweite Leitung, die insbesondere über einen Y-Verbinder mit der zweiten Leitung verbunden sind. Häufig ist es erforderlich, dass das zu ionisierende Gas mit Hilfe eines Trägergases, z.B. eines Inertgases, in die Ionenquelle transportiert wird. Um eine gute Durchmischung der beiden Gase zu erreichen, münden ihre Leitungen an die gleiche Stelle in die zweite Leitung, wobei dies technisch durch einen Y-Verbinder realisiert ist.

[0020] Nach einer bevorzugten Variante ist in den Vorleitungen jeweils ein Sperrventil zum Unterbrechen der Gasströme bevor sie sich vermischen vorgesehen. Nach einer weiteren bevorzugten Variante sind vor den Eingängen des Mehrweg-Umschaltventils Sperrventile vorgesehen. Analogerweise ist gemäß einer dritten bevorzugten Variante zwischen dem Mehrweg-Umschaltventil und der Ionenquelle ein Sperrventil vorgesehen. Die Sperrventile werden beim Hochfahren bzw. Runter-

fahren der Partikeltherapieanlage geöffnet bzw. geschlossen, wodurch die Bereitstellung der Betriebsgase reguliert wird. Auch wenn ein Betriebsgas für längere Zeit als 30 min nicht benötigt wird, wird das entsprechende Sperrventil geschlossen und etwa 5min vor der Wiedernutzung des Betriebsgases wieder geöffnet. Auch bei Betriebsstörungen werden die Sperrventile einzeln oder Gruppen geschlossen, so dass die Gasströme in den unterschiedlichen Leitungsabschnitten des Gasinjektionssystems unterbrochen werden.

[0021] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein Steuersystem zur zentralen Steuerung der Ventile vorgesehen. Das komplexe Gasinjektionssystem wird dabei zentral gesteuert und weist einen hohen Automatisierungs- und Synchronisierungsgrad auf.

[0022] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Gasinjektionssystems insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, wobei das Gasinjektionssystem ein Mehrweg-Umschaltventil aufweist, von dem aus über eine erste Leitung Gas in eine Ionenquelle eingeleitet wird und wobei an das Mehrweg-Umschaltventil eine zweite Leitung und eine dritte Leitung angeschlossen sind, derart, dass entweder ein Gasstrom aus der zweiten Leitung oder ein Gasstrom aus der dritten Leitung über die erste Leitung in die Ionenquelle eingeleitet wird.

[0023] Die in Bezug auf das Gasinjektionssystem aufgeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen sind sinngemäß auf das Verfahren zu übertragen.

[0024] Beim beschriebenen Verfahren wird ein dauerhaft stabiler Gasstrom eingestellt, unabhängig davon, ob Gas aus der zweiten oder der dritten Leitung in die Ionenquelle eingeleitet wird, indem das Gasinjektionssystem bevorzugt derart angesteuert wird, dass im Betrieb solange der Gasstrom aus der zweiten Leitung in die Ionenquelle eingeleitet wird, der Gasstrom aus der dritten Leitung über das Mehrweg-Umschaltventil von einer Pumpe angesaugt wird, und beim Umschalten des Mehrweg-Umschaltventils der Gasstrom aus der dritten Leitung in die Ionenquelle eingeleitet wird und der Gasstrom aus der zweiten Leitung über das Mehrweg-Umschaltventil von der Pumpe angesaugt wird.

[0025] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen schematisch:

FIG 1 ein Gasinjektionssystem für eine Partikeltherapieanlage mit einem Mehrweg-Umschaltventil in einer ersten Position, und

FIG 2 das Gasinjektionssystem gemäß FIG 1 mit dem Mehrweg-Umschaltventil in einer zweiten Position.

[0026] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0027] In FIG 1 ist ein Gasinjektionssystem 2 gezeigt, welches im Wesentlichen eine Ionenquelle 4 und ein der Ionenquelle 4 vorgeschaltetes Mehrweg-Umschaltventil

6, weiterhin einfach Ventil genannt, umfasst. Ausgehend vom Mehrweg-Umschaltventil 6 führt eine erste Leitung 8 zur Ionenquelle 4 und eine zweite und eine dritte Leitung 10, 12 münden in das Ventil 6. Über eine vierte Leitung 14 ist an das Ventil 6 eine Vakuumpumpe 16 angeschlossen. Die Leitungen 8, 10, 12 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel aus rostfreiem Stahl ausgebildet.

[0028] Das Ventil 6 ist ein 2-Position-4-Wege-Ventil, d.h. dass das Ventil 6 vier Anschlüsse aufweist: zwei Eingänge 17a für die zweite und dritte Leitung 10, 12 und zwei Ausgänge 17b für die erste und die vierte Leitung 8, 14. Durch Kombinationen beim Verbinden der beiden Eingänge 17a mit den beiden Ausgängen 17b entstehen 2 Positionen des Ventils 6, welche im Zusammenhang mit FIG 2 erläutert sind.

[0029] An der zweiten Leitung 8 ist ein Y-Verbinder 18 angeordnet, so dass zwei Vorleitungen 20, 22 an der gleichen Stelle in die zweite Leitung 8 münden. Über die Vorleitung 20 wird aus einem ersten Druckbehälter 24 mit Niederfluss-Druckminder Kohlenstoffdioxid bereitgestellt. Als Trägergas wird Helium verwendet, welches in einem weiteren Druckbehälter 26 mit Niederfluss-Druckminder aufbewahrt ist und über die Vorleitung 22 zur zweiten Leitung 8 gelangt, in der es sich im Bereich des Y-Verbinders 18 mit dem Kohlenstoffdioxid vermischt. Beide Vorleitungen 20, 22 weisen jeweils ein Nadelventil 28a, 28b, einen Drucksensor 30a, 30b zum Messen des Druckes in den Vorleitungen 20, 22 und ein Sperrventil 32, 34 zum Unterbrechen des jeweiligen Gasstroms aus den Druckbehältern 24, 26 auf. Die Niederdruckventile 28a, 28b ermöglichen eine rasche Regulierung des Drucks in den Vorleitungen 22, 24. Beim Reduzieren des Drucks in einer Leitung kann sich der Druck bei einem Fluss von 1sccm nur langsam ändern. Um die Einstellung zu beschleunigen, wird die Gasentnahme durch die Nadelventile 28a, 28b erhöht.

[0030] Über die dritte Leitung 12 kann aus einem weiteren Druckbehälter 36 mit Niederfluss-Druckminder Wasserstoff in die Ionenquelle 4 eingeleitet werden, um einen Partikelstrahl aus Protonen zu erzeugen. An der Wasserstoffleitung sind ebenfalls ein Nadelventil 28c, ein Drucksensor 30c sowie ein Sperrventil 38 angeordnet. Vorzugsweise - wie im Ausführungsbeispiel dargestellt - ist dem Mehrweg-Umschaltventil 6 ein Multipositionsventil 40 vorgeschaltet, durch welches weitere Gase, wie z.B. Sauerstoff, über die dritte Leitung 12 bei Bedarf in die Ionenquelle 4 eingeleitet werden.

[0031] An der ersten Leitung 8 zwischen dem Mehrweg-Umschaltventil 6 und der Ionenquelle 4 ist ebenfalls ein Sperrventil 42 vorgesehen, durch welches der Gasstrom nach dem Mehrweg-Umschaltventil 6 unterbrochen werden kann.

[0032] Das Gasinjektionssystem 2 weist außerdem ein Steuersystem 44 zur zentralen Steuerung zumindest der Sperrventile 32, 34, 35, 38 und 42 auf. Die Steuerung der Sperrventile 32, 34, 35, 38 und 42 erfolgt pneumatisch mittels komprimierter Luft aus einem Druckbehälter

46 mit Niederfluss-Druckminder. Die Zu- und Ableitung der Luft erfolgt mittels elektrischer Ventile 48, welche digital angesteuert werden.

[0033] Im Gasinjektionssystem 2 wird das Gas aufgrund der Druckdifferenz zwischen den Druckbehältern 24, 26, 36, in denen ursprünglich ein Druck von beispielsweise etwa 2 bar herrscht, zur evakuierten Ionenquelle 4 bzw. zur Vakuumpumpe 16 transportiert. Damit ein Druckabfall von 2 bar auf nahezu 0 bar realisiert wird, ist vorgesehen den Abschnitt der Vorleitungen 20, 22 zwischen den Sperrventilen 32, 34 und dem Y-Verbinder 18, den Abschnitt der zweiten Leitung 10 zwischen dem Y-Verbinder 18 und dem Sperrventil 35 sowie den Abschnitt der dritten Leitung 12 zwischen dem Druckbehälter 36 und dem Sperrventil 38 Kapillaren C_1 , C_2 , C_3 , insbesondere Glaskapillare, auszubilden. Die Länge und der innere Durchmesser der Kapillaren C_1 , C_2 , C_3 sind derart gewählt, dass der gewünschte Druckabfall entlang der Kapillaren C_1 , C_2 , C_3 erfolgen kann. Die Länge der Kapillaren C_1 , C_2 , C_3 variiert dabei im Dezimeter- oder Meter-Bereich, z.B. der gewünschte Druckabfall erfolgt auf einer Strecke von etwa 2m. Der Außendurchmesser der Kapillaren C_1 , C_2 , C_3 ist bevorzugt kleiner als 1mm, beispielsweise im Bereich 0,2 bis 0,3mm und der Innendurchmesser ist etwa um Potenz 10^{-1} kleiner und beträgt beispielsweise 0,02 bis 0,06mm.

[0034] Das Gasinjektionssystem 2 ist derart ausgebildet, dass Helium und Kohlenstoffdioxid mit einer gewünschten Durchflussrate in die Ionenquelle 4 eingeleitet wird. Um einen Rückstrom des Kohlenstoffdioxids in die Helium-Vorleitung 22 und umgekehrt zu verhindern, ist zwischen dem Helium-Sperrventil 34 und dem Y-Verbinder 18 die Kapillare C_1 und zwischen dem Kohlenstoffdioxid-Sperrventil 32 und dem Y-Verbinder die Kapillare C_2 vorgesehen. Diese gewährleistet einen höheren Druck auf der Seite des Helium-Sperrventils 24 im Vergleich zum Y-Verbinder 18, so dass die Richtung des Gasstroms vorgegeben ist.

[0035] Der Kohlenstoffdioxid-Gasstrom ist über eine Glaskapillare C_2 zum Y-Verbinder 18 geleitet und dort in das Helium eingespeist. Die Eigenschaften dieser Kapillaren C_2 und der Druck des Kohlenstoffdioxids bestimmen die Konzentration von Kohlenstoffdioxid in Helium. Nachdem die Durchflussraten von Helium und Kohlenstoffdioxid durch die Kapillaren C_2 und C_2 z.B. auf jeweils 0,3sccm eingestellt sind, ist eine weitere Glaskapillare C_3 vom Y-Verbinder 18 bis zum Sperrventil 35 für den Gastransport zur Ionenquelle 4 vorgesehen.

[0036] Analogerweise wird der Druckabfall zwischen dem Wasserstoffbehälter 36 und dem Sperrventil 38 durch eine Kapillare C_4 eingestellt.

[0037] Zu beachten ist, dass bevor das Gasgemisch-Sperrventil 35 geschlossen wird, die Sperrventile 32 und 34 für das Kohlenstoffdioxid und das Helium geschlossen werden müssen, damit ein Vermischen der Gase in den Druckbehältern 24, 26 aufgrund von Diffusion vermieden wird.

[0038] Die Gasströme von den Leitungen 10, 12 sind

in das 2-Position-4-Wege-Ventil 6 eingeleitet und mittels des Ventils 6 wird eingestellt, ob das Helium-Kohlenstoffdioxid-Gasgemisch oder der Wasserstoff der Ionenquelle 4 zugeführt wird. In FIG 1 ist eine erste Position des Ventils 6 gezeigt, bei der das Gasgemisch aus der zweiten Leitung 10 über die erste Leitung 8 in die Ionenquelle 4 eingespeist wird. Parallel wird der Wasserstoff aus der dritten Leitung 12 nach dem Ventil 6 von der Vakuumpumpe 16 angesaugt, wobei durch die Vakuumpumpe 16 die Betriebsbedingungen in der Ionenquelle 4 simuliert werden. Durch das kontinuierliche Ansaugen des Wasserstoffs durch die Vakuumpumpe 16 kann sich eine stabile Strömung einstellen, bevor durch ein Umschalten des Ventils 6 der Wasserstoff in die Ionenquelle 4 eingeleitet wird. Wenn das Standby-Gas, in diesem Fall der Wasserstoff, aus der dritten Leitung 12, für eine längere Zeit nicht benutzt wird, kann das entsprechende Sperrventil 38 geschlossen werden, um die Gasverluste zu minimieren.

[0039] Die zweite Position des Ventils 6 ist in FIG 2 gezeigt, aus der ersichtlich ist, dass nach einem Umschalten des Ventils 6 Wasserstoff aus der dritten Leitung 12 in die Ionenquelle 4 eingespeist und das Helium-Kohlenstoffdioxid-Gasgemisch aus der zweiten Leitung 10 von der Vakuumpumpe 16 angesaugt wird.

[0040] Dank dem Ventil 6 kann ein besonders schnelles Umschalten der Gasströme erfolgen. Nach dem Umschalten wird das Betriebsgas, welches bisher in die Ionenquelle 4 eingespeist wurde, durch die Vakuumpumpe 16 aus dem System 2 hinausgeleitet und das bisherige Standby-Gas, bei dem sich inzwischen eine stabile Strömung eingestellt hat, wird in die erste Leitung 8 und somit in die Ionenquelle 4 eingeführt. Ein solcher Umschaltvorgang dauert in der Regel etwa 0,5 Sekunden und nach weniger als 5 Sekunden hat sich der Gasstrom in Richtung Ionenquelle 4 bereits stabilisiert.

[0041] Die Leitungen 8, 10, 12 und 14 sind aus rostfreiem Stahl und befinden sich daher auf dem elektrischen Potential der Ionenquelle 4, das bei etwa 24kv liegt. Der Bereich des hohen Potentials ist in den Figuren durch einen gestrichelten Block angedeutet, wobei dieser Bereich durch die elektrisch isolierenden Glaskapillaren C_3 und C_4 entlang der Leitungen 10 und 12 definiert ist. Im Hinblick auf eine galvanische Isolation ist auch die Verbindung zwischen dem Ventil 6 und der Vakuumpumpe 16 durch ein Glasrohr 50 realisiert.

[0042] Wenn das Gasinjektionssystem 2 gewartet wird oder ein Austausch einer Komponente erforderlich ist, kann das Sperrventil 42 direkt vor der Ionenquelle 4 geschlossen werden. Dieses Ventil kann außerdem zum schnellen Absperren des Gasstromes in die Ionenquelle 4 im Falle eines Stromausfalls benutzt werden.

[0043] Ein weiterer Vorteil des Gasinjektionssystems 2 ist, dass die Einstellungen der Gasströme nach Wartung reproduzierbar sind. Da der Durchfluss der Gasströme durch den Druckunterschied an beiden Seiten der Leitungen 8, 10, 12 reguliert wird, führt der Austausch eines beliebigen Ventils im System 2 zu keinen Verän-

derungen des Druckes entlang der Leitungen 8,10,12. Darüber hinaus ist das System 2 derart konzipiert, dass keine Totvolumenzonen entstehen.

[0044] Das Gasinjektionssystem 2 und die Ionenquelle 4 sind Teil einer hier nicht näher gezeigten Partikeltherapieanlage zum Erzeugen eines Partikelstrahls aus positiv geladenen Teilchen. Zum Erzeugen der Ionen wird das Betriebsgas aus den Behältern 24, 26, oder 36 in eine Plasmakammer der Ionenquelle 4 mittels des Gasinjektionssystems 2 eingeleitet, wobei abwechselnd in Abhängigkeit von der Art der Partikelstrahls entweder das Helium-Kohlenstoffdioxid-Gasgemisch aus der Leitung 10 oder der Wasserstoff aus der Leitung 12 der Ionenquelle 4 zugeführt wird. Die erzeugten Ionen werden anschließend auf einem Synchrotron-Ring der Partikeltherapieanlage durch Magnete auf eine Endenergie von mehr als 50MeV/u (bei einer Einschussenergie von 7 MeV/u) gebracht und schließlich werden sie auf eine zu behandelnde Körperregion eines Patienten gerichtet.

Bezugszeichenliste

[0045]

2	Gasinjektionssystem
4	Ionenquelle
6	Mehrweg-Umschaltventil
8	erste Leitung
10	zweite Leitung
12	dritte Leitung
14	vierte Leitung
16	Vakuumpumpe
17a	Eingang des Mehrweg-Umschaltventils
17b	Ausgang des Mehrweg-Umschaltventils
18	Y-Verbinder
20	Vorleitung
22	Vorleitung
24	Druckbehälter mit Niederfluss-Druckminder
26	Druckbehälter mit Niederfluss-Druckminder
28a,b,c	Nadelventile
30a,b,c	Drucksensoren
32	Sperrventil
34	Sperrventil
35	Sperrventil
36	Druckbehälter mit Niederfluss-Druckminder
38	Sperrventil
40	Multipositionsventil
42	Sperrventil
44	Steuersystem
46	Druckbehälter mit Niederfluss-Druckminder
48	elektrisches Ventil
50	Glasrohr
C ₁ -C ₄	Glaskapillaren

Patentansprüche

1. Gasinjektionssystem (2), insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, umfassend eine erste Leitung (8) zum Einleiten von Gas in eine Ionenquelle (4), eine zweite und eine dritte Leitung (10,12) für zwei getrennte Gasströme, sowie ein Mehrweg-Umschaltventil (6), wobei die zweite und die dritte Leitung (10,12) jeweils in einen Eingang (17a) des Mehrweg-Umschaltventils (6) münden und wobei die erste Leitung (8) an einen Ausgang (17b) des Mehrweg-Umschaltventils (6) angeschlossen ist und das Mehrweg-Umschaltventil (6) derart ausgebildet ist, dass wahlweise der eine oder der andere Eingang (17a) mit dem Ausgang (17b) verbunden ist, so dass entweder die zweite oder die dritte Leitung (10, 12) mit der ersten Leitung (8) strömungstechnisch verbunden ist.
- 20 2. Gasinjektionssystem (2) nach Anspruch 1, wobei das Mehrweg-Umschaltventil (6) einen zweiten Ausgang (17b) aufweist und wobei die Leitung (10, 12), die mit der ersten Leitung (8) nicht strömungstechnisch kommuniziert, mit dem zweiten Ausgang (17b) verbunden ist.
- 25 3. Gasinjektionssystem (2) nach Anspruch 2, wobei an den zweiten Ausgang (17b) eine Pumpe (16), insbesondere eine Vakuumpumpe, angeschlossen ist.
- 30 4. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Mehrweg-Umschaltventil (6) ein 2-Position-4-Wege-Ventil ist.
- 35 5. Gasinjektionssystem (2) nach Anspruch 4, wobei ein zusätzliches Multipositionsventil vorgesehen ist, welches strömungstechnisch an einen der Eingänge (17a) des Mehrweg-Umschaltventils (6) angeschlossen ist.
- 40 6. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Leitung (10) und die dritte Leitung (12) zumindest abschnittsweise aus Kapillaren (C₁, C₂, C₃, C₄) zum Einstellen des Gasvolumenstroms gebildet.
- 45 7. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Steuersystem (44) vorgesehen ist, das aus den geometrischen Daten der Kapillaren (C₁, C₂, C₃, C₄) die Durchflussrate des durch die erste Leitung (8) der Ionenquelle (4) zugeführten Gases ermittelt.
- 50 8. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 55

wobei zur Ausbildung eines Gasgemisches zumindest zwei Vorleitungen (20,22) in die zweite Leitung (10) münden, die insbesondere über einen Y-Verbinder (18) mit der zweiten Leitung (10) verbunden sind.

5

9. Gasinjektionssystem (2) nach Anspruch 8, wobei in den Vorleitungen (20,22) jeweils ein Sperrventil (32,34) vorgesehen ist.

10

10. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei vor den Eingängen (17a) des Mehrweg-Umschaltventils (6) Sperrventile (35,38) vorgesehen sind.

15

11. Gasinjektionssystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Mehrweg-Umschaltventil (6) und der Ionenquelle (4) ein Sperrventil (42) vorgesehen ist.

20

12. Gasinjektionssystem (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das Steuersystem (44) zur zentralen Steuerung der Sperrventile (32,34,35,38,42) vorgesehen ist.

25

13. Verfahren zum Betrieb eines Gasinjektionssystems (2) insbesondere für eine Partikeltherapieanlage, wobei das Gasinjektionssystem (2) ein Mehrweg-Umschaltventil (6) aufweist, von dem aus über eine erste Leitung (8) Gas in eine Ionenquelle (4) eingeleitet wird und wobei an das Mehrweg-Umschaltventil (6) eine zweite Leitung (10) und eine dritte Leitung (12) angeschlossen sind, derart, dass entweder ein Gasstrom aus der zweiten Leitung (10) oder ein Gasstrom aus der dritten Leitung (12) über die erste Leitung (8) in die Ionenquelle (4) eingeleitet wird.

30

35

40

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Gasinjektionssystem (2) derart angesteuert wird, dass im Betrieb solange der Gasstrom aus der zweiten Leitung (10) in die Ionenquelle (4) eingeleitet wird, der Gasstrom aus der dritten Leitung (12) über das Mehrweg-Umschaltventil (6) von einer Pumpe (16) angesaugt wird und beim Umschalten des Mehrweg-Umschaltventils (6) der Gasstrom aus der dritten Leitung (12) in die Ionenquelle (4) eingeleitet wird und der Gasstrom aus der zweiten Leitung (10) über das Mehrweg-Umschaltventil (6) von der Pumpe (16) angesaugt wird.

45

50

55

FIG 1

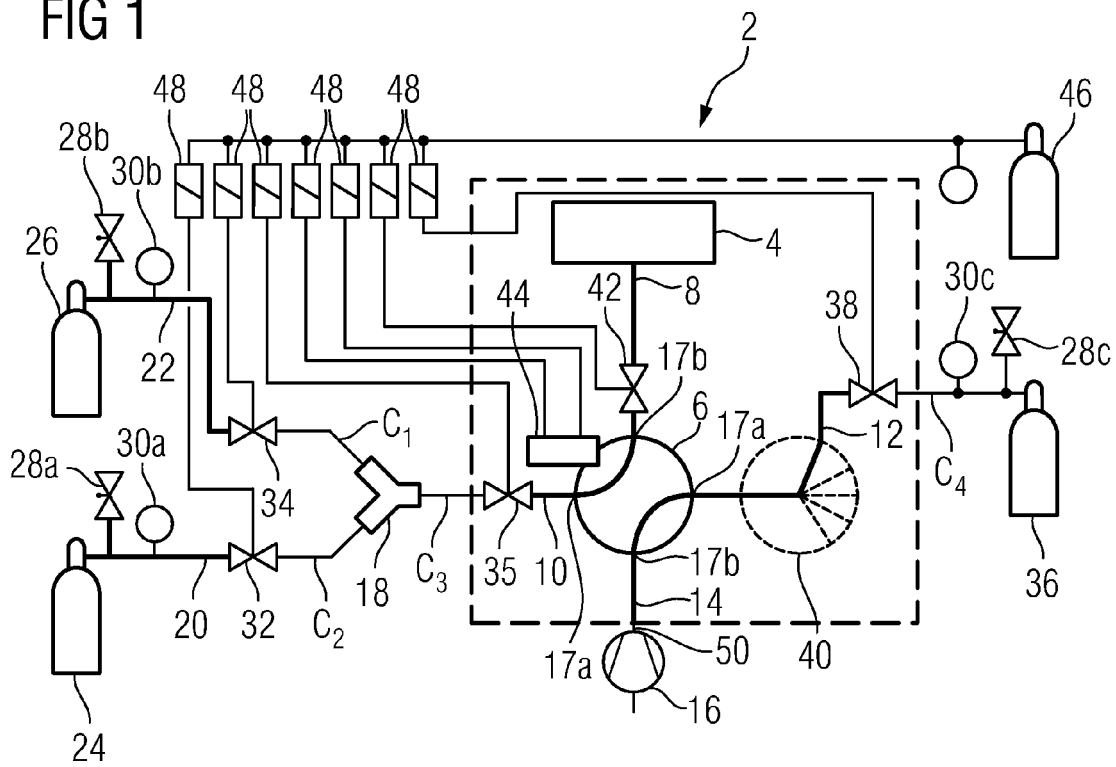


FIG 2

