



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 061 T2 2005.03.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 952 861 B1**

(51) Int Cl.⁷: **A61M 16/22**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 061.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE97/01932**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 913 643.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/22173**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.11.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **28.05.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.11.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.03.2005**

(30) Unionspriorität:
9604218 18.11.1996 SE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, IE, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:
Hudson RCI AB, Upplands Väsby, SE

(72) Erfinder:
LAMBERT, Hans, S-113 51 Stockholm, SE

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: **REINIGUNGSSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Narkose und insbesondere die Reinigung von Ausatemungsgasen während der Narkose. In einem Aspekt betrifft sie eine regenerierbare Vorrichtung zur Entfernung von CO_2 aus einem solchen Gas und Verfahren zur Regenerierung einer solchen Vorrichtung für ihre mehrfache Verwendung. In anderen Aspekten betrifft die Erfindung ein Narkosesystem.

A. Hintergrund der Erfindung

[0002] Zum Zweck dieser Anmeldung schließen die Begriffe Absorption und Absorptionsmittel sowohl Absorptions- als auch Adsorptionsverfahren ein.

[0003] Es ist eine gut etablierte Technik, während der Narkose CO_2 aus Ausatemungsgasen mit Hilfe der Absorption unter Verwendung von Mischungen von Hydroxiden, beispielsweise Natronkalk (eine allgemein akzeptierte Bezeichnung für eine Mischung aus Natrium- und Calciumhydroxid), zu entfernen. Der Natronkalk wird in einen Kanister gegeben und die Ausatemungsgase werden durch den Kanister geleitet, wobei CO_2 unter Bildung von Carbonaten umgesetzt wird und so aus der ausgeatmeten Luft entfernt wird. Der Grund, warum man CO_2 entfernen will, liegt darin, dass die verwendeten Narkosegase teuer sind und es wünschenswert ist, den Teil wieder zu verwenden, der vom Patienten nicht verbraucht wurde. Die Verwendung von Hydroxiden ist Praxis seit mehr als 80 Jahren, seitdem D. E. Jackson die erste Maschine entwickelte, die in einem geschlossenen System für die Narkose verwendet werden konnte, und seitdem wurden zahlreiche Verbesserungen in der Literatur und Patenten beschrieben.

[0004] Es ist zu beachten, dass die Prozesse, die in diesem Typ von Vorrichtungen auftreten, im Prinzip irreversible chemische Reaktionen sind, wo das CO_2 und die Hydroxide reagieren und sich Carbonate bilden. Diese Carbonate lassen sich nicht leicht regenerieren, so dass die Hydroxide wiedergewonnen werden können.

Beschreibung des Standes der Technik

[0005] Von Adriani in "The Chemistry and Physics of Anesthesia", 1. Auflage, 1979, S. 151-184, Charles C. Thomas Publishers, Springfield, Illinois, USA wird ein umfangreicher Überblick über CO_2 -Absorber auf Basis der Verwendung unterschiedlicher Hydroxide gegeben.

[0006] Kürzlich diskutierte A. M. Holloway in "Anaesth. Intens. Care", 1994; 22; 5.359-362 mögliche Alternativen zu Natronkalk zur Entfernung von CO_2 . Unter anderem wird die Verwendung von Monoethanolamin als regenerierbarer nasser CO_2 -Wäscher, der in U-Booten verwendet wurde, diskutiert. Solche Systeme haben den Nachteil, dass die Umgebung mit Monoethanolamin und Ammoniak verunreinigt werden kann, und sie werden nunmehr durch sicherere Systeme ersetzt. Holloway zieht die Schlussfolgerung, dass die CO_2 -Absorption durch ein Molekularsieb wahrscheinlich das vielversprechendste System ist, das in die Narkosepraxis eingeführt werden könnte.

[0007] J. P. H. Fee et al. beschreibt in "Anesthesia", 1995, Band 50, S. 841-845 ein wirksames System auf Basis eines Molekularsiebs zur Entfernung von CO_2 . Insbesondere wird die Zersetzung von Sevofluran in Verbindung A ($\text{CF}_2=\text{C}(\text{CF}_3)\text{OCH}_2\text{F}$) diskutiert und es wird angemerkt, dass eine beträchtliche Zersetzung mit Natronkalk stattfindet und dass auch mit dem Molekularsieb eine nachweisbare Zersetzung stattfindet.

[0008] In Anesthesia and Analgesia, 1995, S. 82, Abstract S425 ist die Verwendung von Molekularsieben beschrieben, und es wird festgestellt, dass die Siebe auch die Narkosegase absorbieren, was selbstverständlich kein wünschenswerter Effekt ist.

[0009] Wie zuvor angegeben, scheint es gegenwärtig im Gebiet der Narkose eine allgemeine Ansicht zu sein, dass Molekularsiebe der vielversprechendste Kandidat für die Entfernung von CO_2 aus Ausatemungsgas sind, als eine Alternative zur gut etablierten Verwendung von Natronkalk.

[0010] Es gibt eine Anzahl von Nachteilen bei der Verwendung des Absorptionsmittels in Form von Natronkalk oder anderen stark alkalischen Komponenten.

[0011] Wenn der Natronkalk aufgebraucht ist, muss er weggeworfen werden und das Absorptionsmittel, das möglicherweise Bakterien oder andere gefährliche Mikroorganismen enthält, ist als Sondermüll anzusehen und muss entsprechend gehandhabt werden. Ebenso ist das Wiederbefüllen der Kanister darin eine riskante

Operation, dass das stark alkalische Granulat viel Staub erzeugt, der reizend auf Haut und Lunge wirken kann. Einwegkanister, die nicht wiederbefüllt werden, tragen zum Gesamtabfall bei, der weggeworfen werden muss.

[0012] Ein weiterer Nachteil ist, dass die Reaktion zwischen CO_2 und Natronkalk exotherm ist und abhängig von der Flussgeschwindigkeit durch das Bett des Absorptionsmittels ziemlich hohe Temperaturen erreicht werden können. Dies kann zu einer Reaktion zwischen dem Betäubungsmittel und dem Absorptionsmittel mit begleitender Zersetzung des Betäubungsmittels führen. Insbesondere ist das Auftreten der Verbindung A (Fluormethyl-2,2-difluor-1-(trifluormethyl)vinylether; $\text{CF}_2=\text{C}(\text{CF}_3)\text{OCH}_2\text{F}$) ein ernster Risikofaktor. Die Bildung der Verbindung A wird ebenso mit dem Absorptionsmittel Baralyme® (siehe Anesth. Analg. 1995; 81:564-8) beobachtet.

[0013] Ein weiteres stark toxisches Nebenprodukt ist Kohlenmonoxid, von dem angenommen wird, dass es sich bei der Reaktion von Betäubungsmitteln, wie Desfluran, Enfluran und Isofluran, mit ausgetrockneten Kohlendioxid-Absorptionsmitteln des Standes der Technik bildet. Im Hinblick auf die obige Überlegung wird der Ersatz des Kohlendioxid-Absorptionsmittels mit frischem Produkt empfohlen, wann immer Austrocknung vermutet wird. Es wird angenommen, dass die Austrocknung aus hohen Durchflüssen frischer Gase resultiert, die im Verlauf eines Wochenendes durch den Kohlendioxid-Absorberkanister hindurchtreten. Im Fall der vorliegenden Erfindung werden diese Probleme durch die Verwendung eines Absorbermaterials des Ionenaustauschertyps beseitigt, an dem keine solchen Reaktionen stattfinden. Die vorgenannten Probleme treten mit dem erfindungsgemäßen Absorber nicht auf.

[0014] Ein weiterer Nachteil im Zusammenhang mit der Verwendung eines Molekularsiebs für die CO_2 -Absorption ist, dass Molekularsiebe ebenso eine beträchtliche Menge der Narkosegase absorbieren.

[0015] Ebenso ist die irreversible Eigenschaft der Vorrichtungen auf Natronkalk-Basis selbstverständlich ein grundlegender Nachteil, welcher durch die Erfindung überwunden wird.

[0016] US 4,963,327 betrifft eine permselektive Apparatur mit mehreren Kammern, um Sauerstoff-angereicherte gefilterte Luft zur Verfügung zu stellen, die mit einem Bereich von Atemfrequenzen zusammenpasst. Sie umfasst eine erste Kammer mit Mikrokapseln, die eine Sauerstoff-erzeugende Verbindung enthalten, eine zweite Kammer mit einem festen Kohlendioxid-Absorber zur Absorption von Kohlendioxid aus ausgeatmeter Luft, eine dritte Kammer mit einer wässrigen Lösung eines mild aziden Salzes mit einer geringen Menge nichtionischem Tensid und eine vierte Kammer, die wässriges Wasserstoffperoxid und eine geringe Menge nichtionisches Tensid enthält. Der feste Kohlendioxid-Absorber ist vorzugsweise Lithiumhydroxid.

[0017] US 3,923,057 betrifft ein Narkosesystem, das ein Material umfasst, welches mit Kohlendioxid in einer exothermen Reaktion reagiert. Kohlendioxid wird durch die Reaktion und die freigesetzte Wärme neutralisiert. Das reaktive Material ist vorzugsweise Oxide oder Hydroxide von Erdalkalimetallen oder Alkalimetallen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0018] Es ist folglich ein erfindungsgemäßes Ziel, eine Vorrichtung zur Entfernung von CO_2 aus ausgeatmeter Luft von einem Patienten unter Narkose zur Verfügung zu stellen, wobei die aktive Substanz für die Entfernung von CO_2 ein Ionenaustauscherharz ist. Die Vorrichtung soll regenerierbar sein, so dass die gefährliche Handhabung von kontaminiertem verbrauchten Material und stark alkalischem Natronkalk vermieden wird.

[0019] Die Vorrichtung besitzt die Fähigkeit, 20 mal regeneriert zu werden, wobei sie 90 % ihrer Aktivität beibehält, vorzugsweise 95 mal mit verbliebener Aktivität von 90 % und 200 mal mit mehr als 50 % verbliebener Aktivität.

[0020] Die Erfinder haben nun überraschend gefunden, dass es möglich ist, ein regenerierbares CO_2 -Entfernungssystem für Narkoseanwendungen zu entwickeln, ohne die Nachteile des Standes der Technik und unter Ausnutzung der Fähigkeit von Ionenaustauschermaterialien als Absorptionsmittel. Dies steht im Widerspruch zu der allgemeinen Meinung in diesem Fachgebiet, dass Molekularsiebe die vielversprechendste Option als Ersatz für die Technologie auf Natronkalkbasis sind.

[0021] Es ist ein sehr wichtiger Vorteil der Erfindung, dass Anionenaustauscherharze das zuvor erwähnte Verhalten von Molekularsieben nicht zeigen, nämlich eine wesentliche Menge der Narkosegase, die durch solche Harze hindurchgeleitet werden, zu absorbieren.

[0022] Das obige Ziel wird somit erreicht mit einer regenerierbaren CO₂-Absorbervorrichtung gemäß Anspruch 1 und einem System für die Narkose gemäß Anspruch 9.

[0023] Verfahren zur Regenerierung eines CO₂-Absorbers sind in den Ansprüchen 13 bis 17 definiert.

[0024] Unterschiedliche Ausführungsformen der verschiedenen Aspekte der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0025] Die vorliegende Erfindung lässt sich vollständiger verstehen aus der nachfolgend gegebenen ausführlichen Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen, welche nur zum Zweck der Illustration angegeben werden und somit die vorliegende Erfindung nicht beschränken und worin:

[0026] **Fig. 1** eine Übersicht eines Narkosesystems im allgemeinen ist;

[0027] **Fig. 2** eine Übersicht eines Narkosesystems ist, das eine erfindungsgemäße CO₂-Absorbereinheit einschließt;

[0028] **Fig. 3** die erfindungsgemäße Absorbereinheit im Detail zeigt;

[0029] **Fig. 4** einen Kanister für eine Absorbereinheit und eine auswechselbare Kassette zeigt, die den Ionenaustauscher enthält;

[0030] **Fig. 5** eine Absorptionseinheit mit einer separaten Kationenaustauschereinheit inline mit der Anionenaustauschereinheit zeigt;

[0031] **Fig. 6** eine Übersicht eines erfindungsgemäßen inline-Regenerationsaufbaus mit drei Absorbereinheiten ist;

[0032] **Fig. 7** eine Übersicht eines erfindungsgemäßen inline-Regenerationsaufbaus mit zwei Absorbereinheiten ist; und

[0033] **Fig. 8** eine Übersicht eines eigenständigen Regenerators für die Regenerierung einzelner Absorberkassetten ist.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0034] Unter Verweis auf **Fig. 1** wird der allgemeine Aufbau eines Narkosesystems beschrieben.

[0035] Ein solches System, das allgemein mit dem Bezugszeichen **2** bezeichnet wird, umfasst eine Quelle **4** für Gas (üblicherweise Sauerstoff, Distickstoffmonoxid und/oder Luft), von welcher das Gas über ein Leitungssystem **6** dem Patienten zugeführt wird, über einen Narkoseverdampfer, der einen Gasmischer **10** umfasst. Um die Atmung des Patienten während der Narkose zu erleichtern, umfasst das Narkosesystem ebenso eine Pumpe **12**. Diese kann eine beliebige sein, von einem ausgeklügelten Ventilator bis zu einer einfachen Gummiblase, wobei die letztere manuell komprimiert wird. Die ausgeatmete Luft wird von dem Patienten über ein sogenanntes Y-Stück **14** durch ein Leitungssystem **16** zu einer Gasentlüftungsöffnung **18** geführt. Ein solches System wird als offenes Narkosesystem bezeichnet.

[0036] Ein Nachteil mit einem offenen System besteht darin, dass eine große Menge teures Gas verbraucht wird und folglich verwendet man oft ein sogenanntes Umlauf-Narkosesystem, von dem ein schematische Darstellung in **Fig. 2** gezeigt ist. Zusätzlich zu den mit dem offenen System der **Fig. 1** gemeinsamen Komponenten (gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen) umfasst ein Umlaufsystem einen sogenannten CO₂-Absorber **20**, dessen Funktion es ist, CO₂ aus der ausgeatmeten Luft zu absorbieren. Der Absorber **20** ist so angeordnet, dass er die Leitung **16** auf der Ausatmungsseite und die Leitung **6** auf der Einatmungsseite so miteinander verbindet, dass ausgeatmete Luft umgeleitet und durch den Absorber hindurchgeleitet werden kann und zum Patienten zurückgeführt werden kann, nachdem sie von CO₂ befreit wurde. Das System umfasst ebenso eine Zahl von Ventilen. Ein PEEP-Ventil **22** ist der Ausatemungsleitung **16** angebracht und wird verwendet, um den Druck in der Lunge zu begrenzen. Ein Einwegventil **24**, das nach dem Ventil **22** angebracht ist, und ein weiteres Einwegventil **23**, das in der Einatemungsleitung **6** unmittelbar nach dem CO₂-Absorber angebracht ist, sind im wesentlichen vorgesehen, um die umlaufenden Gase zu steuern. Ein Gasauslass lässt einen geringen Teil des Gases aus dem System ab.

[0037] Ebenso ist eine Zahl von Monitoren vorgesehen, z.B. ein Gasmonitor **26**, der die Gaskonzentration anzeigt und Fühler **28** besitzt, die sich in einem Mundstück **30** befinden, ein Sauerstoffmonitor **32** und ein CO₂-Monitor **34**, deren Fühler **36** und **37** jeweils in der Einatmungsleitung nach dem CO₂-Absorber **20** angebracht sind.

[0038] Systeme des Standes der Technik der in **Fig. 2** dargestellten Art sind mit einer CO₂-Absorbereinheit ausgestattet, die Natronkalk als aktives Mittel enthält.

[0039] Bezüglich weiterer Details zu diesem Typ von Systemen des Standes der Technik wird auf das Buch von Adriani verwiesen.

[0040] Unter Verweis auf **Fig. 3** wird nun eine erfindungsgemäße regenerierbare CO₂-Absorbervorrichtung beschrieben. Der erfindungsgemäße Absorber kann im System der **Fig. 2** verwendet werden, ohne nennenswerte Änderungen des Systems.

[0041] Die Absorbereinheit, die im allgemeinen mit **20** bezeichnet wird, umfasst einen Behälter oder Kanister **38**, der aus Metall oder Kunststoff hergestellt ist und der mit einem Deckel **40** versehen ist. Der Behälter **38** ist mit einem Einlassbauteil **39** versehen, das mit der Ausatmungsleitung **16** eines Narkosesystems verbunden werden kann, sowie einem Auslassbauteil **41**, das mit der Einatmungsleitung **6** dieses Systems verbunden werden kann. In einer ersten Ausführungsform wird der Kanister einfach mit einem Ionenaustauscherharz **42** in Form kleiner sphärischer Kügelchen oder Granalien von im wesentlichen gleichförmiger Größe befüllt.

[0042] Im Hinblick auf die Chemie der CO₂-Absorption ist der Ionenaustauscher vom Anionentyp. Eine bevorzugte Zusammensetzung ist ein schwacher Anionenaustauscher, der ein tertiäres Amin auf einem Träger aus einem vernetzten Acrylpolymerträger umfasst. Solche Ionenaustauscher sind gut bekannt und kommerziell erhältlich und als solche bilden sie keinen Teil der Erfindung.

[0043] In einer zweiten Ausführungsform sind die Ionenaustauscherkügelchen im Inneren einer Kassette oder eines Einsatzes **44** angeordnet, die/der in entfernbarer Weise in den Kanister **38** hineinpasst, wie in **Fig. 4** gezeigt ist. Die Kassette **44** kann aus einem Zylinder **45** aus Metall oder einem geeigneten Kunststoff, beispielsweise Polypropylen, bestehen. Eine wichtige Eigenschaft eines solchen Materials ist, dass es Temperaturen von mindestens 120 bis 130°C aushalten kann, die während der Regenerierung (die später beschrieben wird) auftreten. Um die Ionenaustauscherpartikel oder -kügelchen **42** im Inneren der Kassette **44** zu halten, können Abdeckungen in Form eines Netzes **46**, z.B. aus gesintertem Polypropylen oder Metall, vorgesehen sein. Andere Materialien, die Dampf und andere Gase hindurchtreten lassen können, können verwendet werden.

[0044] Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, ist der Kanister mit einem Deckel **40** versehen, der über ein Scharnier mit dem Behälterteil verbunden sein kann. Selbstverständlich kann der Deckel mit anderen Mitteln, beispielsweise Fäden, Klammern usw., befestigt sein. Ebenso sollte eine geeignete Dichtung zwischen dem Kanister und dem Deckel vorgesehen sein, z.B. ein O-Ring entlang dem Umfang des Kanisters. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Kanister **38** relativ breit und flach, um einen niedrigen Strömungswiderstand sicherzustellen. Er sollte ein Fassungsvermögen für etwa 2 kg Ionenaustauscher besitzen, wenn auch das Fassungsvermögen selbstverständlich in keiner Weise beschränkt ist, sondern für eine spezielle Anwendung angepasst werden kann. Es ist zu berücksichtigen, dass die Größe der Ionenaustauscherkügelchen einen Einfluss auf den Strömungswiderstand in der Absorbereinheit besitzt. Es ist jedoch für den Fachmann eine Angelegenheit üblicher Praxis, den Kanister im Hinblick auf seine Ausdehnung für eine spezielle Größe der Kügelchen und Menge des Ionenaustauschers auszulegen.

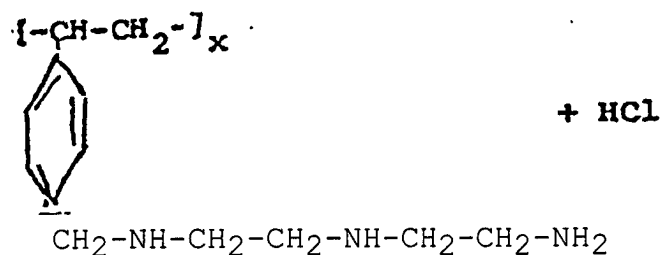
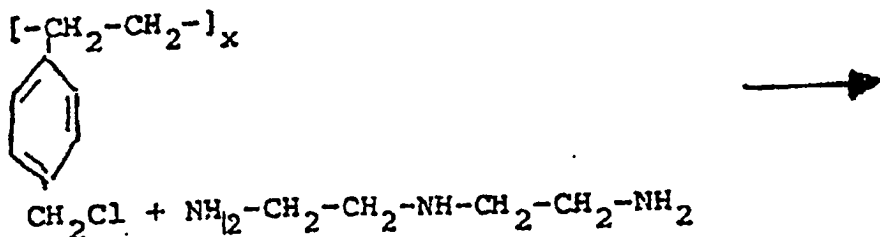
[0045] Schwach-basische Ionenaustauscherharze sind als das erfindungsgemäße Absorbermittel geeignet. Solche Harze haben primäre, sekundäre und/oder tertiäre funktionelle aktive Amingruppen, die mit einer Polymermatrix verbunden sind. Im allgemeinen kann die Polymermatrix ein Polystyrol, ein Polystyrol-Divinylbenzol-Copolymer, ein Phenol-Formaldehyd, eine Polyacrylsäure, ein Polymethacrylsäure-Divinylbenzol-Copolymer oder ein Polymer vom Epoxid-Typ sein. Eine große Zahl dieser Harze sind kommerziell erhältlich und können erfindungsgemäß verwendet werden, wenn auch mit unterschiedlichen Graden der Anwendbarkeit.

[0046] Insbesondere makroporöse Ionenaustauscherharze sind geeignet, weil sie eine große aktive Oberfläche aufweisen und gute Strömungseigenschaften bieten. Für die Makroporosität sorgt die Polymermatrix.

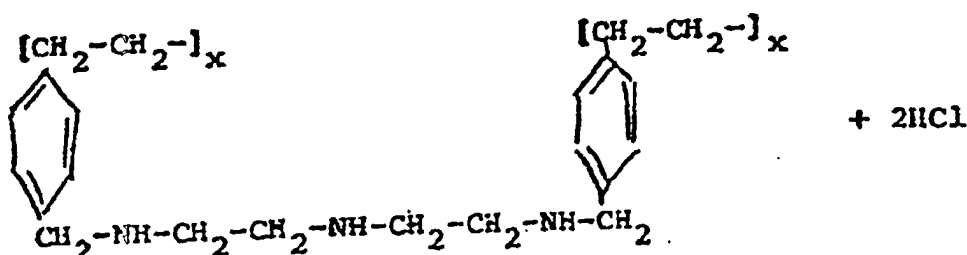
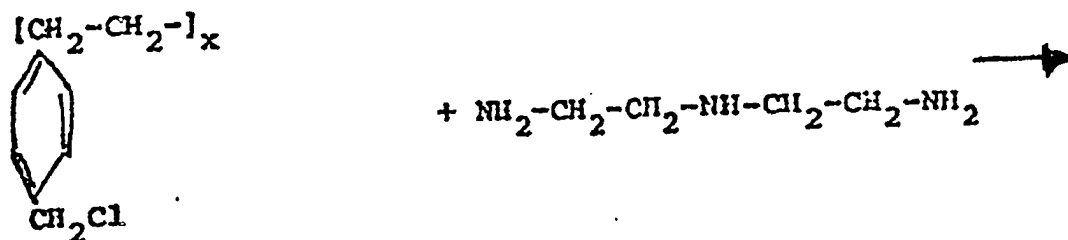
[0047] Schwache, basische Anionenaustauscherharze mit einer besonders hohen Affinität zu Kohlendioxid und Fähigkeit zu dessen Absorption können wiederholt regeneriert werden, ohne einen substantiellen Verlust

ihre Absorptionseigenschaften, einschließlich solche Harze, bei denen die aktive Gruppe eine Polyamin-Funktionalität zeigt und mindestens ein sekundäres Amin-Stickstoffatom enthält. Solche Materialien werden durch Reaktion eines Additionspolymers bzw. Kondensationspolymers mit polyfunktionellen Aminen mit einem sekundären Amin-Stickstoffatom, wie beispielsweise Diethylentriamin, Triethylentetramin und Tetraethylenpentaamin hergestellt. Solche bevorzugten Harze umfassen Polyacrylsäure-Polyamin-Harze, welche nach der Offenbarung des US-Patents 2,582,194 hergestellt wurden, sowie Epoxy-Polyamin-Harze, die üblicherweise durch Reaktion eines Epoxharzes und eines Polyamins in einem Lösungsmittel, wie Xylol, hergestellt werden.

[0048] Polystyrol-Divinylbenzol-Copolymere vom Gelharztyp weisen funktionelle Polyaminingruppen auf und sind besonders nützlich als Absorbermittel. Harze dieses Typs können durch Reaktion von Chlormethylen(chlormethyliertem)-Styrol-Divinylbenzol-Copolymer mit einem Amin, wie beispielsweise Diethylentriamin, Triethylentetramin, Tetraethylenpentamin und anderen polyfunktionellen Aminen, hergestellt werden. Eine äquimolare Menge bzw. ein Überschuss an Amin für jede Chlormethylengruppe verursacht eine Kondensation einer Chlormethylengruppe mit einer Amingruppe, wie beispielsweise durch die nachstehend dargestellte Reaktion unter Verwendung von Diethylentriamin.



[0049] Wenn das Verhältnis des Amins etwa 1/2 des äquimolaren Verhältnisses ist, ist eine weitere Vernetzung und im wesentlichen eine sekundäre Aminfunktionalität bevorzugt durch die in der folgenden Gleichung wiedergegebene Kondensation:



[0050] Die Kohlendioxidkapazität dieses Harztyps ist relativ zur Ionenaustauschkapazität, und übliche Verfah-

ren zur Verbesserung der Ionenaustauschkapazität verbessern ebenso die dynamische Kohlendioxidkapazität. Um eine geeignete Porosität zu erzielen, werden vorzugsweise Copolymere verwendet, die weniger als etwa 10 % Divinylbenzol enthalten, vorzugsweise 3 bis 5 %. AMBERLITE IR-45, ein Chlormethylen-Polystyrol-Divinylbenzol-Copolymer (chlormethyliertes Polystyrol-Divinylbenzol-Copolymer), dem Diethylentriamin zugesetzt wurde, stellt ein typisches kommerziell erhältliches Harz dieses Typs dar.

[0051] Beispiele anderer geeigneter schwacher, basischer Anionenaustauscher, die von Bayer erhältlich sind, sind die folgenden Lewatit-Ionenaustauschermaterialien S 3428, S 4328, S 5428 und S 6328.

[0052] Die Lewatit-Produktlinie von Ionenaustauschern sind tertiäre Amine, welche stabil sind, im Gegensatz zu primären und sekundären Aminen, die leichter abgebaut werden.

[0053] Ein weiteres geeignetes, kommerziell erhältliches Produkt ist AMBERLITE IRA67, erhältlich von Rohm & Haas.

[0054] Ein möglicher Risikofaktor im Zusammenhang mit der Verwendung von Anionenaustauschern liegt darin, dass die Anionenaustauscher winzige Mengen freie Amine freisetzen können, die ein Gesundheitsrisiko darstellen. Um die freigesetzten Amine aus dem Strom der Einatmungsgase zu entfernen, kann ein Kationenaustauscher im Durchflussweg vorgesehen sein.

[0055] Eine Ausführungsform der Absorbereinheit, in der ein Kationenaustauscher **48** in einem separaten Behälter vorgesehen ist, ist in **Fig. 8** gezeigt. Durch Trennung der zwei Arten von Ionenaustauschern auf diese Weise ist es möglich, nur das Material zu ersetzen, das tatsächlich aufgebraucht wurde.

[0056] In **Fig. 5** ist eine Ausführungsform einer Absorbereinheit offenbart, die einen Anionenaustauscher **42** in einem Kanister **38** und einen Kationenaustauscher **48** in einem anderen Kanister **50** umfasst, wobei die Kanister **38** und **50** über die Leitung **52** in Folge miteinander verbunden sind. Die Kationeneinheit ist auf der Abströmseite der Anioneneinheit angebracht, um Spuren freier Amine beseitigen zu können, die aus dem Anionenaustauscher freigesetzt werden können, wie zuvor erwähnt.

[0057] Es ist jedoch gleichermaßen möglich, die Kationen- und Anionenaustauscher in dem selben Behälter anzubringen. In einem solchen Fall können die zwei Typen von Ionenaustauschern in getrennten Lagen angeordnet sein, die durch ein Trennmittel **43** (in **Fig. 4** mit einer gestrichelten Linie bezeichnet), wie beispielsweise ein Netz wie das zuvor erwähnte oder das aus anderen gasdurchlässigen Materialien hergestellt ist, getrennt sind. Es ist ebenso vorstellbar, die Anionen- und Kationenaustauscher im Inneren des Kanisters homogen zu vermischen.

[0058] Selbstverständlich ist die in **Fig. 5** gezeigte Ausführungsform infolge ihres höheren Grades der Komplexität der Konstruktion teurer, hat jedoch den Vorteil, dass die Kationen- und Anionenaustauscherharze getrennt regeneriert werden können.

[0059] Die Menge des Kationenaustauschers kann von 1/10 der Menge des Anionenaustauschers bis hinauf zu gleichen Mengen beider Typen reichen.

[0060] Der Ionenaustauscher kann ebenso einen Indikator enthalten, z.B. Farbstoffe, die ihre Farbe in Abhängigkeit vom pH-Wert ändern. Methyl Orange, Phenolphthalein und Ethyl Violett sind Beispiele von Indikatoren, die anzeigen, wenn der Ionenaustauscher im wesentlichen aufgebraucht wurde (siehe auch Adriani S. 176 und US 5,005,572). Der Fachmann würde leicht weitere geeignete Indikatoren auffinden, abhängig davon, aus welchen Komponenten das erfindungsgemäße System besteht.

[0061] Im Folgenden wird die Regeneration der Absorbereinheiten unter Bezugnahme auf **Fig. 6** und **7**, in denen zwei Ausführungsformen eines inline-Regenerationssystems gezeigt sind, sowie auf **Fig. 8**, in der ein "eigenständiger" Apparat für die Regeneration gezeigt ist, beschrieben.

[0062] Die Regeneration wird erreicht durch Entfernung des auf dem Ionenaustauscherharz absorbierten Kohlendioxids und kann auf unterschiedliche Weise erzielt werden. Die nasse Regeneration würde das Hindurchleiten einer Base, beispielsweise Natriumhydroxid, in wässriger Lösung durch das Absorbermittelbett einschließen, wodurch das Kohlendioxid in Form von in Wasser aufgelöstem Natriumbicarbonat entfernt wird. Andere Basen könnten möglicherweise ebenso für die nasse Regeneration des Ionenaustauschermaterials verwendet werden. Die Regeneration durch Erwärmen wird ebenso in Erwägung gezogen, wobei das Ionenaus-

tauschermaterial durch eine interne oder externe Heizquelle erhitzt wird und ein zugeführtes Gas durch das Ionenaustauscherbett hindurchtritt. Die Regeneration kann ebenso erreicht werden durch Anlegen eines verringerten Drucks oder Vakuums an das Ionenaustauschermaterial, mit oder ohne Erhitzen des Ionenaustauschers. Das vorliegend bevorzugte Verfahren ist das Hindurchleiten von Dampf durch das Absorptionsmittel.

[0063] In **Fig. 6** ist ein Aufbau für die inline-Regeneration mit einem Narkosesystem dargestellt, das drei Absorbereinheiten **20a**, **20b**, **20c** umfasst. Diese Einheiten sind jeweils parallel über Leitungen mit zwei Ventilen **54** und **56** verbunden. Ventil **54** ist mit der Abströmseite jeder Absorbereinheit verbunden und Ventil **56** mit der Anströmseite. Eine Vorrichtung zur Erzeugung von Dampf **58** ist vorgesehen und mit Ventil **56** verbunden. Über die bei **64** bzw. **66** mit den Ventilen **54** und **56** verbundenen Leitungen **60** und **62** ist die Anordnung auch mit einem Narkosesystem verbunden, wie beispielsweise dem in **Fig. 2** gezeigten System, wo es die Absorbereinheit **20** ersetzt. Die Ventile **54** und **56** sind zwei ähnliche Fünffach-Ventile, durch die gleichzeitig zwei separate Ströme hindurchtreten können, ein erster Regenerationsstrom aus Dampf, welcher vom Dampfgenerator **58** kommt und in der Auslassöffnung **68** entlüftet wird, und ein zweiter Strom von Narkosegasen, die im Einlass **70** eintreten und durch den Auslass **72** austreten. Die Ventile **54** und **56** sind so einstellbar, dass sie alle möglichen Kombinationen von Durchflusswegen bieten, die für die gleichzeitige Regeneration und Nutzung während der Narkose erforderlich sind. Die Absorbereinheiten des Systems in **Fig. 6** können jeweils in drei unterschiedlichen Modi beschrieben werden, nämlich Betriebs-, Regenerierungs- und Bereitschaftsmodus. In **Fig. 6** sind die Ventile in solche Positionen eingestellt, dass der Regenerationsdampf vom Dampfgenerator **58** zum Einlass **74** geleitet wird, um das Ionenaustauscherharz in der damit verbundenen Absorbereinheit **20a** zu regenerieren. Eine weitere Absorbereinheit **20b** ist über den Ventilauslass **76** bzw. den Ventileinlass **78** mit dem Narkosesystem verbunden, in welchem der Absorber verwendet wird, wobei die Narkosegase bei **80** in die Absorbereinheit **20b** eintreten. Die Einheit **20c**, die mit den Ventilen **54** und **56** bei **82** bzw. **84** verbunden ist und in der das Ionenaustauscherharz bereits regeneriert wurde, ist von beiden Strömen abgeschlossen und wartet im Bereitschaftsmodus. Somit können durch geeignete Einstellung der Ventile **54** und **56** die Absorbereinheiten wechselseitig mit der Regeneration, dem Betrieb und dem Bereitschaftsmodus verbunden werden.

[0064] **Fig. 7** zeigt einen Aufbau für die Regeneration, die dem oben beschriebenen ähnlich ist, abgesehen davon, dass er nur zwei Absorbereinheiten einschließt, welche wechselweise mit dem Betriebs- und Regenerierungsmodus verbunden werden können. Obwohl dieser Aufbau nicht dieselbe hohe Sicherheit wie derjenige in **Fig. 6** erlaubt, besitzt er einen geringeren Grad an Komplexität und ist weniger sperrig. In ähnlicher Weise können mehr als drei Einheiten wie oben angeordnet werden, wobei sie eine oder mehrere Funktionen parallel oder sequentiell in gleichen oder unterschiedlichen Modi besitzen.

[0065] In den **Fig. 8a** und **8b** ist eine separate Regenerationsvorrichtung **86** gezeigt, in verschlossenem Zustand (**Fig. 8a**) und in geöffnetem Zustand (**Fig. 8b**) mit entfernter Ionenaustauscherkassette. Die Vorrichtung umfasst einen ersten Behälter **88** für Wasser **89**, der mit einer Heizvorrichtung **90** versehen ist, wobei der Behälter **88** an seiner Oberseite mit einem zweiten Behälter **38** verbunden ist, in welchen das Ionenaustauschermaterial **42** zur Regeneration gegeben werden muss. An der Oberseite des zweiten Behälters ist ein Auslass **92** vorgesehen, der mit einem Entlüftungsrohr **94** ausgestattet ist. Der Behälter **38** kann im wesentlichen gleich gestaltet werden wie der Kanister einer Absorbereinheit **20**. Das Heizen wird durch einen Heizregler **96** geregelt, welcher verbunden ist mit einem Temperatursensor **98**, der an der Oberseite des Absorberbehälters angebracht ist, und mit einem zweiten Temperatursensor, der in Kontakt mit dem Wasser **89** im Behälter **88** steht. Während der Regeneration bewegt sich Dampf, der vom Gasraum des Behälters **88** am Einlass **100** in den Absorberbehälter tritt, durch das Ionenaustauschermaterial. Der Dampf, welcher durch den Einlass **100** in den Absorberbehälter gelangt, erhitzt das Ionenaustauschermaterial und bildet eine Temperaturfront im Material, wobei sich diese Front allmählich aufwärts durch das Material bewegt. Wenn die Front die Oberseite des Ionenaustauschermaterials erreicht, wird dies vom Temperatursensor **98** registriert, der eine Temperaturerhöhung anzeigt und somit anzeigt, dass die Regeneration vollständig ist. Optional kann über die Entlüftungsleitung **94** Vakuum an die Regenerationsvorrichtung **86** angelegt werden. Durch Anlegen von Vakuum kann der Siedepunkt des Wassers erniedrigt werden und es wird geschätzt, dass durch Erniedrigung des Siedepunkts um 20°C die Haltbarkeit des Ionenaustauschermaterials um das Vierfache verlängert werden kann.

[0066] Als Nächstes wird ein Narkoseverfahren beschrieben.

[0067] Ein zu narkotisierender Patient wird den Standardvorbereitungen für die Narkose unterzogen und tatsächlich gibt es aus der Sicht des Patienten keine Unterschiede des Erlebnisses.

[0068] So wird ein zu narkotisierender Patient mit kontrollierter Geschwindigkeit mit einer geeigneten Einatmungsgasmischung versorgt, die ein Narkotikum enthält. Während des Verfahrens werden Ausatmungsgase

mit einer Geschwindigkeit abgepumpt, die geeignet ist zur Aufrechterhaltung eines kontrollierten Stroms von Einatemungsgasen zum Patienten. Von der Ausatemungsseite wird zumindest ein Teil der Ausatemungsgase vom Patienten durch einen Ionenaustauscher hindurchgeleitet, um im wesentlichen das CO₂ daraus zu entfernen. Das Gas, das im wesentlichen von CO₂ befreit wurde, wird anschließend zum Strom der Einatemungsgase zurück geleitet. Der Ionenaustauscher ist ein Anionenaustauscher. Geeigneterweise werden die Ausatemungsgase ebenso durch einen Kationenaustauscher geleitet. Vorzugsweise werden die Ausatemungsgase der Reihe nach durch den Anionenaustauscher und den Kationenaustauscher hindurchgeleitet, wobei mit dem Anionenaustauscher begonnen wird.

Patentansprüche

1. Regenerierbare Absorbervorrichtung (**20**) zur Entfernung von CO₂ aus CO₂-haltigen Ausatemungsgasen während der Narkose, welche umfasst:
einen Behälter (**38**) mit einem Einlass (**39**) für die CO₂-haltigen Ausatemungsgase und einen Auslass (**41**) für Ausgabegase, wobei das CO₂ aus diesen Gasen im wesentlichen entfernt wurde; und
einen Anionenaustauscher, der in dem Behälter (**38**) in solcher Weise angeordnet ist, dass die Gase durch den Ionenaustauscher vom Einlass (**39**) zum Auslass (**41**) fließen,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Anionenaustauscher ein schwacher, basischer Anionenaustauscher (**42**) ist.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der Ionenaustauscher in Form eines Bettes eines Harzes vorliegt, wobei das Harz vorzugsweise als gleichförmige, sphärische Kügelchen vorliegt.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, welche ein pH-Indikatormittel umfasst, um sichtbar anzuzeigen, wenn das Ionenaustauscherharz im wesentlichen aufgebraucht wurde.
4. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, welche ein weiteres Bett umfasst, welches einen Kationenaustauscher (**48**) umfasst.
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, welche eine Abtrennung (**43**), z.B. ein Filter oder ein Netz, umfasst, welche die Betten trennt.
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, welche einen zweiten Behälter (**50**) umfasst, welcher einen Kationenaustauscher (**48**) enthält und mit dem Auslass (**41**) des Behälters verbunden ist, der Anionenaustauscher enthält.
7. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der (die) Ionenaustauscher in (einer) Kassette(n) (**45, 46**) vorliegt (vorliegen), die entferntbar in dem (den) Behälter(n) (**38; 38, 50**) angeordnet ist (sind).
8. Vorrichtung gemäß mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kassette(n) (**45, 46**) aus einem Material hergestellt ist (sind), das Temperaturen im Bereich von mindestens 120 bis 130°C aushalten kann.
9. Umlaufsystem für die Narkose, welches umfasst:
Mittel (**4, 8**) für die Narkosegaszufuhr;
eine an der Einatemungsseite des Systems angebrachte Leitung (**6**) zur Verabreichung des Narkosegases an einen Patienten; und
eine an der Ausatemungsseite des Systems angebrachte Leitung (**16**) zur Entfernung von Ausatemungsgasen eines Patienten;
wobei die Leitungen (**6, 16**) mit einem Mundstück für die Einführung in den Mund eines Patienten verbunden sind; und
mindestens einem CO₂-Absorber (**20**) gemäß Anspruch 1, der so angeordnet ist, dass er die Leitung en) (**16**) auf der Ausatemungsseite und die Leitungen) (**6**) auf der Einatemungsseite so miteinander verbindet, dass die ausgeatmete Luft durch den Absorber umleitbar ist und zum Patienten zurückgeführt wird, nachdem sie von CO₂ befreit wurde.
10. System gemäß Anspruch 9, das zwei oder mehr CO₂-Absorbereinheiten (**20**) umfasst, die mittels Mehrfachventilen (**54, 56**) mit dem System parallel verbunden sind, so dass, während eine Einheit im System in Betrieb ist, mindestens eine andere regeneriert wird, während die übrige Einheiten) im Bereitschaftszustand

ist (sind).

11. System gemäss Anspruch 9 oder 10, das ferner eine Anzahl von Monitoren, z.B. einen Gasmonitor (**26**) mit Fühlern (**28**), die sich am Mundstück (**30**) befinden, einen Sauerstoffmonitor (**32**) und einen CO₂-Monitor (**34**), deren Fühler sich in der Einatmungsleitung nach dem CO₂-Absorber (**20**) befinden, umfasst.

12. System gemäss mindestens einem der Ansprüche 9 bis 11, das ein Gerät für die Regenerierung von Aktivmedium einer CO₂-Absorbereinheit gemäss mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 durch Entfernung des absorbierten CO₂ umfasst, das einen Dampfgenerator (**88, 90, 96, 99**), Mittel (**38, 45, 46, 92, 100**) zum Leiten von Dampf vom Dampfgenerator durch das Aktivmedium (**42**), Mittel (**98**) zur Detektion, wenn das Aktivmedium vollständig vom Dampf aus dem Dampfgenerator durchdrungen wurde, sowie Mehrfachventile (**54, 56**) zur selektiven Verbindung einer ausgewählten Absorbereinheit (**20**) mit dem Gerät zur Regenerierung der ausgewählten Einheit, umfasst.

13. Verfahren zur Regenerierung einer Absorbervorrichtung gemäss mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, welches den Schritt des Durchleitens von Dampf durch den Ionenaustauscher, gegebenenfalls unter verringertem Druck, umfasst.

14. Verfahren zur Regenerierung einer Absorbervorrichtung gemäss mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, welches den Schritt des Durchleitens eines alkalischen Mediums durch den Ionenaustauscher, entweder während dieser sich immer noch im Inneren des Behälters befindet, oder aus dem Behälter entfernt wurde und in ein separates Regeneratorgefäss gegeben wurde, umfasst.

15. Verfahren gemäss Anspruch 14, wobei diese Base eine wässrige Lösung eines Hydroxids, z.B. Natriumhydroxid, ist.

16. Verfahren zur Regenerierung einer Absorbervorrichtung gemäss mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, welches den Schritt des Erhitzens des Ionenaustauschers und des Hindurchleitens eines gasförmigen Mediums, welches das freigesetzte CO₂ mit sich trägt, umfasst.

17. Verfahren zur Regenerierung einer Absorbervorrichtung gemäss mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, welches den Schritt umfasst, den Ionenaustauscher Vakuum auszusetzen, so dass das CO₂ freigesetzt wird, wobei gegebenenfalls Wärme angewandt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

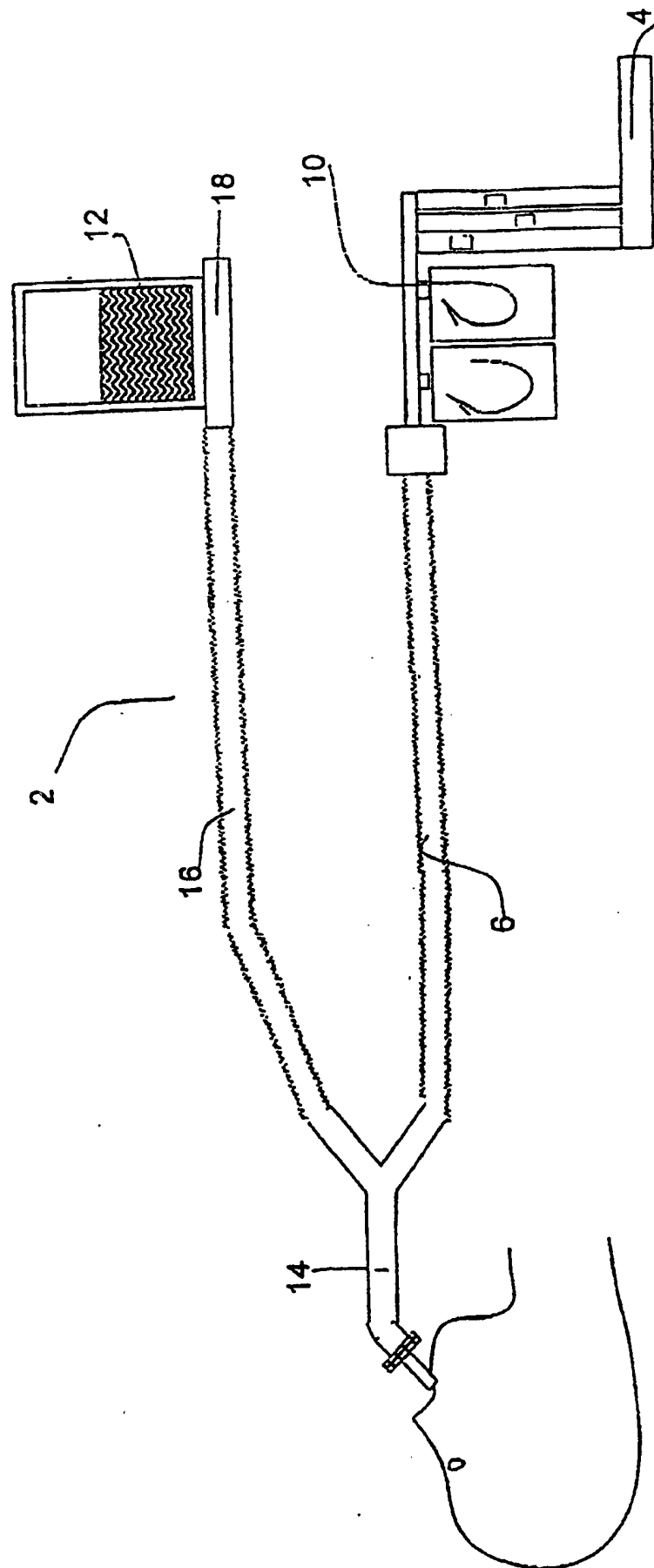


Fig.1

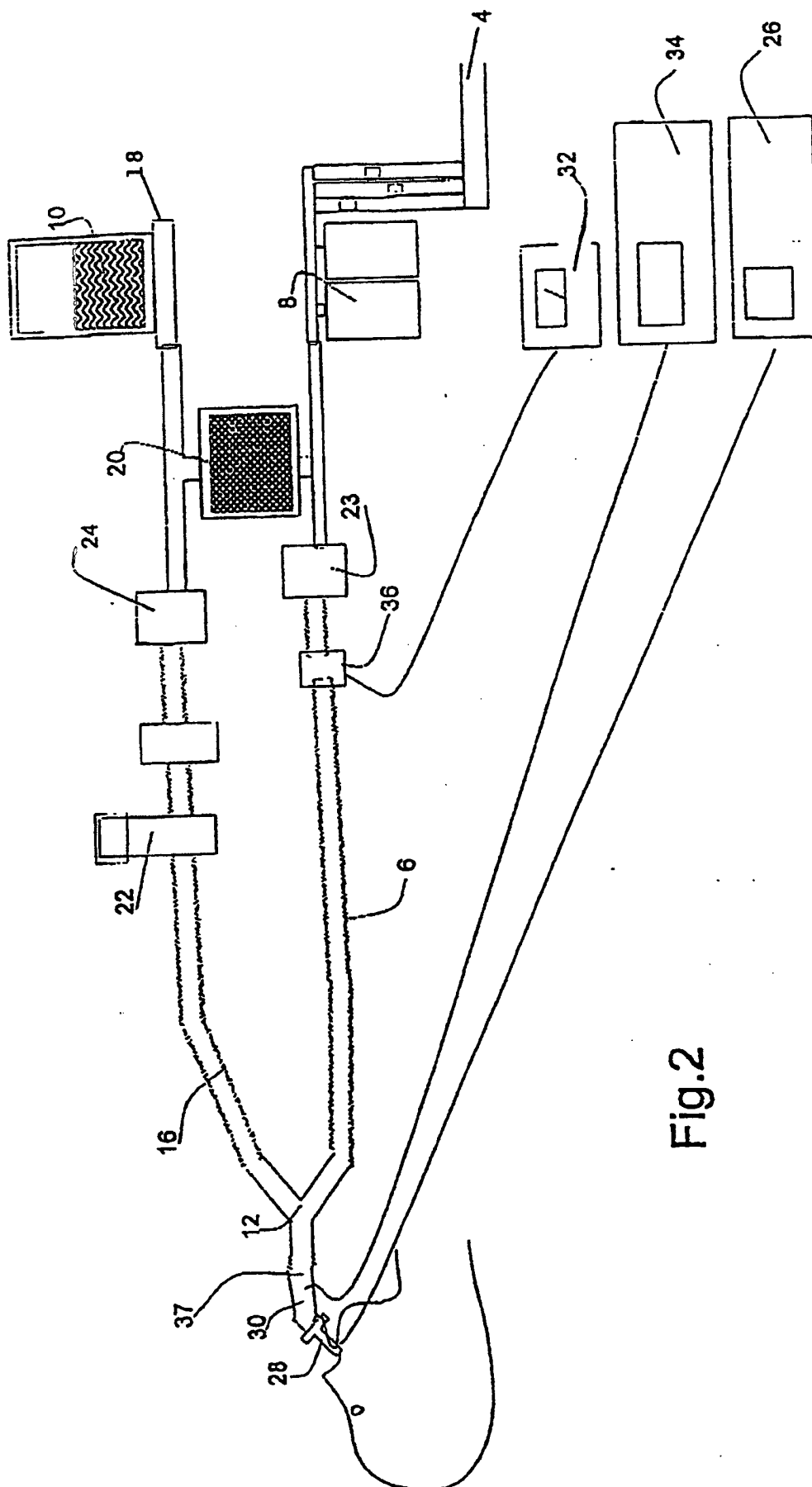
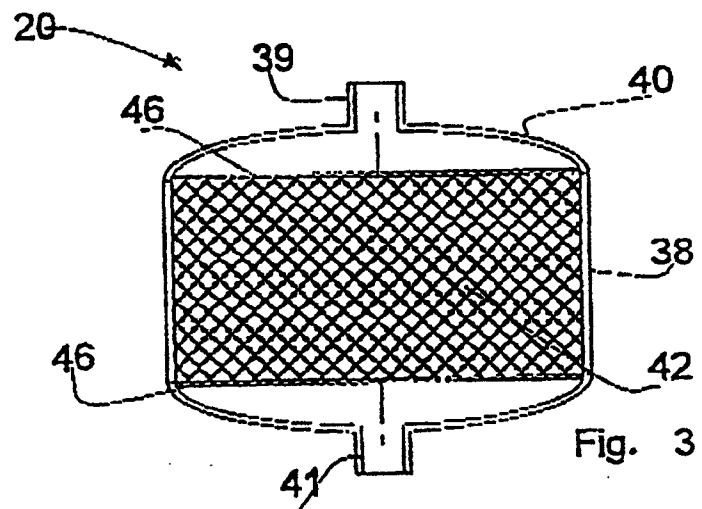
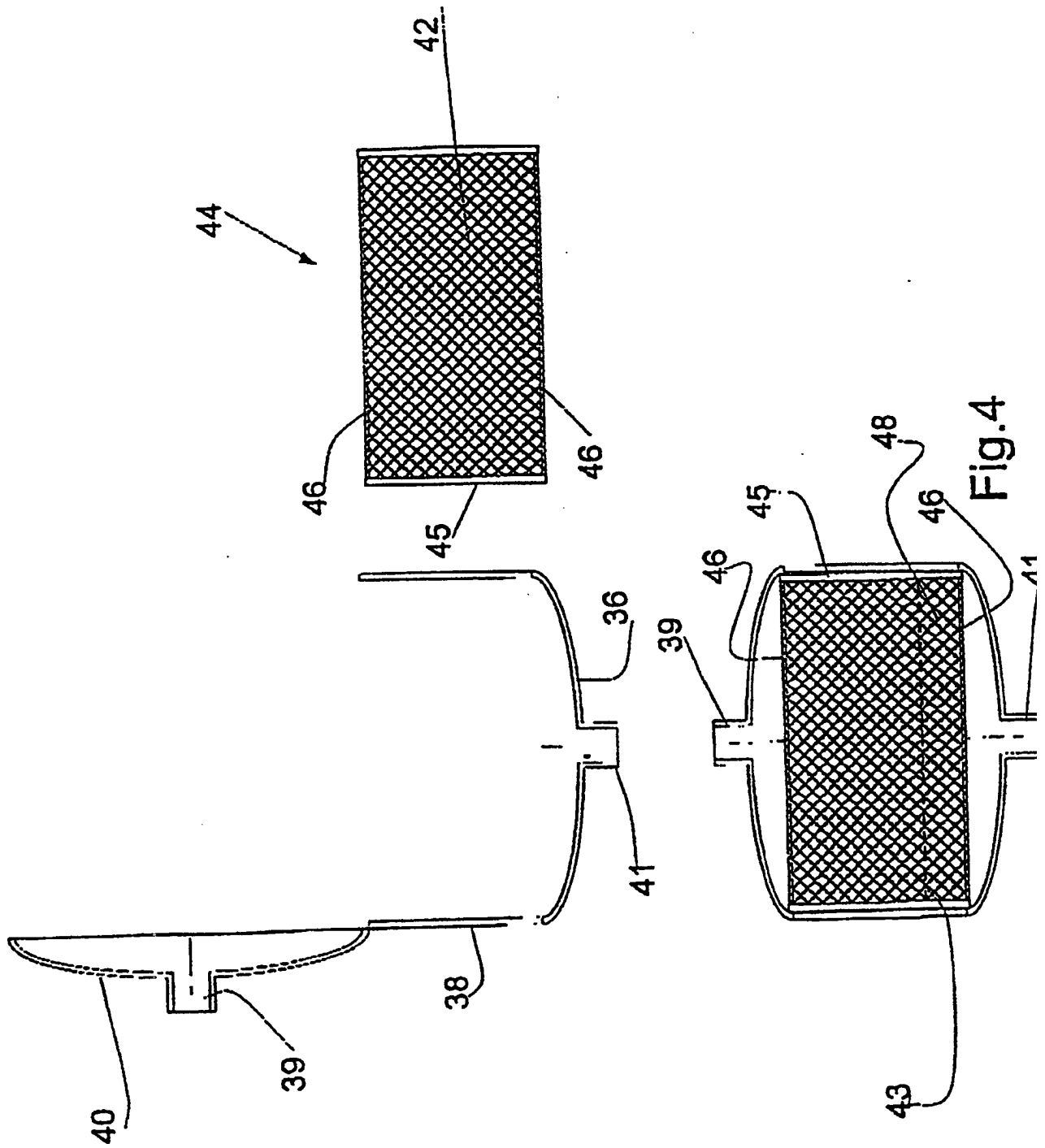


Fig. 2





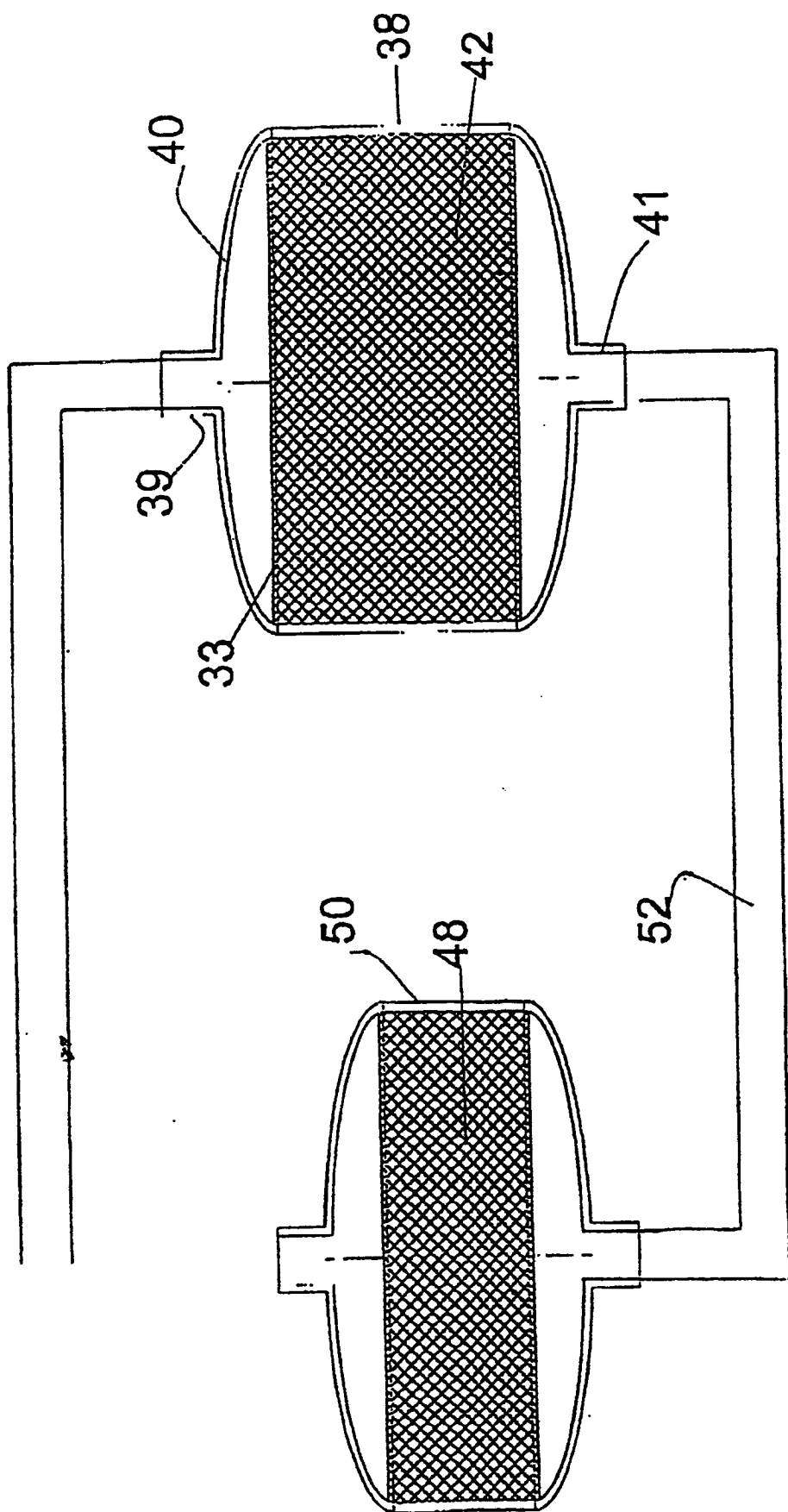


Fig. 5

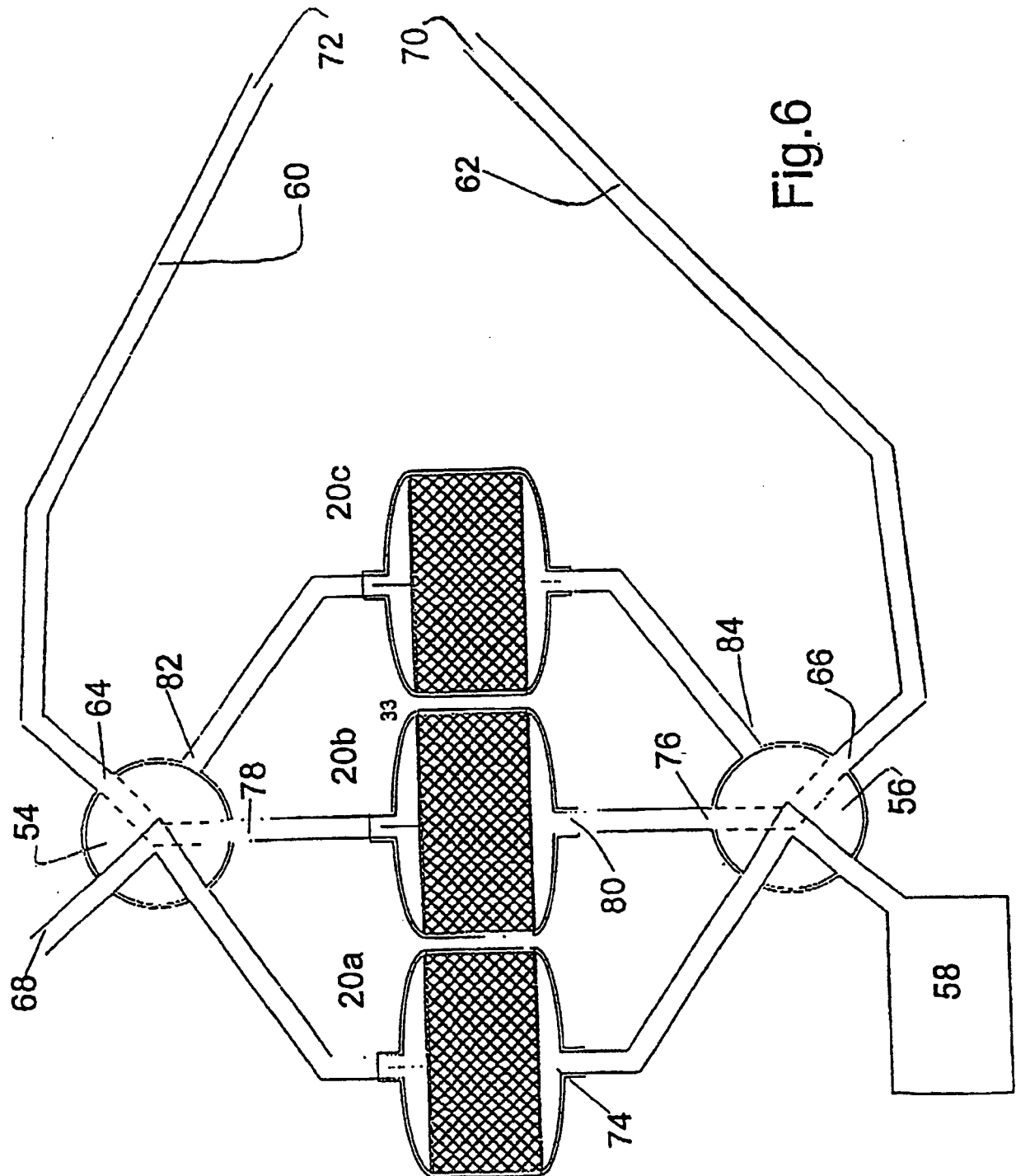


Fig.6

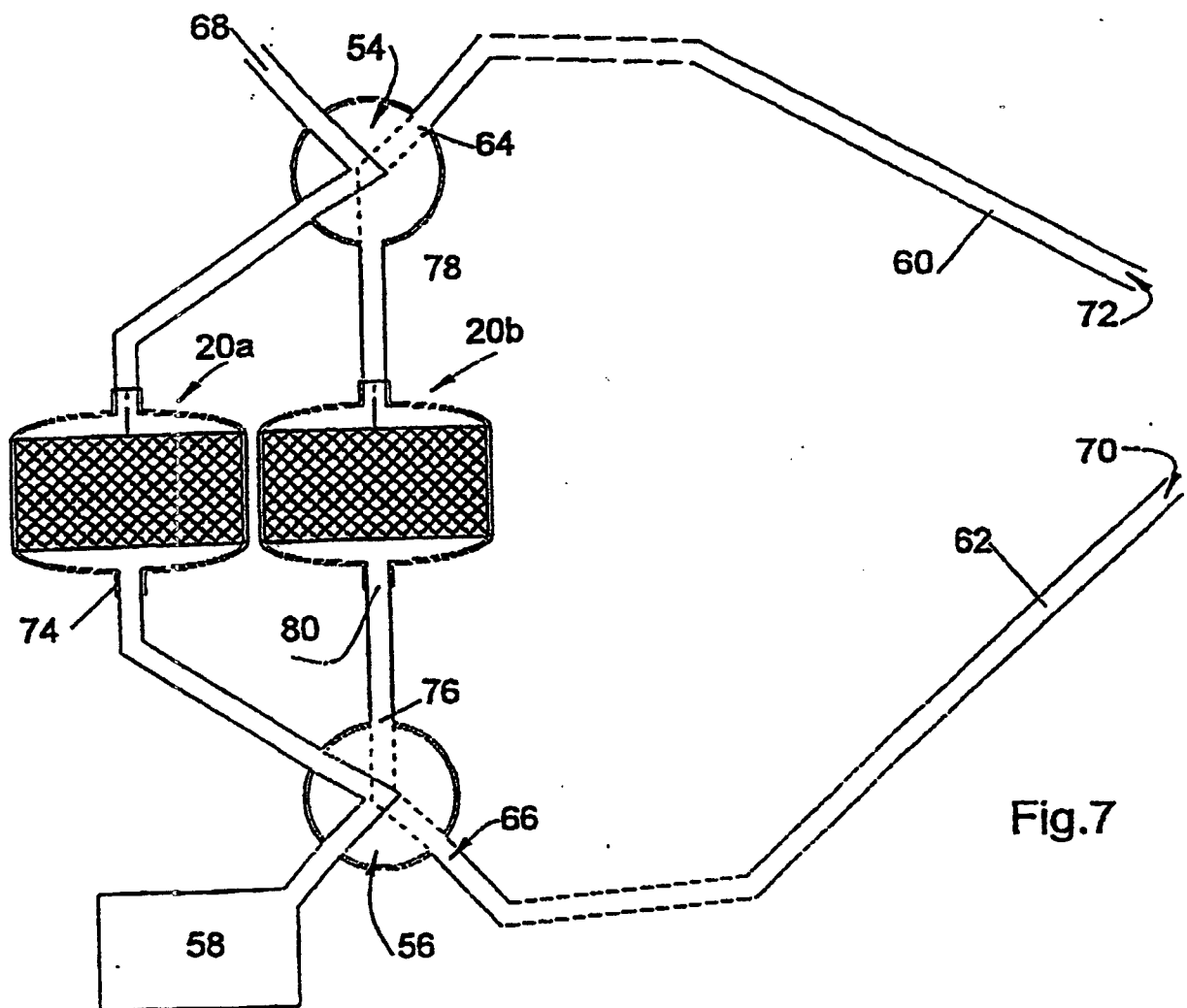


Fig.7

