(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Februar 2018 (22.02.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/033224 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61M 16/20 (2006.01) *F16K 31/00* (2006.01)
F16K 31/126 (2006.01) *F04B 43/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000229

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Februar 2017 (17.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 009 833.3
15. August 2016 (15.08.2016) DE

(71) Anmelder: **DRÄGERWERK AG & CO. KGAA** [DE/DE]; Moislinger Allee 53-55, 23558 Lübeck (DE).

(72) Erfinder: **HANSMANN, Hans-Ullrich**; Dieckkamp 15, 23858 Barnitz (DE). **HILTAWSKY, Karsten**; Birkenholz 13, 23617 Stockelsdorf (DE). **PILZ, Ulf**; Ginsterweg 12, 23558 Lübeck (DE). **SCHRÖTER, Sebastian**; Busekiststraße 21, 23562 Lübeck (DE).

(74) Anwalt: **MILDNER, Volker**; Draegerwerk AG & Co. KGaA, Moislinger Allee 53-55, 23558 Lübeck (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** DEVICE FOR ADMINISTERING ARTIFICIAL RESPIRATION TO A PATIENT AND METHOD FOR OPERATING THE DEVICE

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUM BEATMEN EINES PATIENTEN UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DER VORRICHTUNG

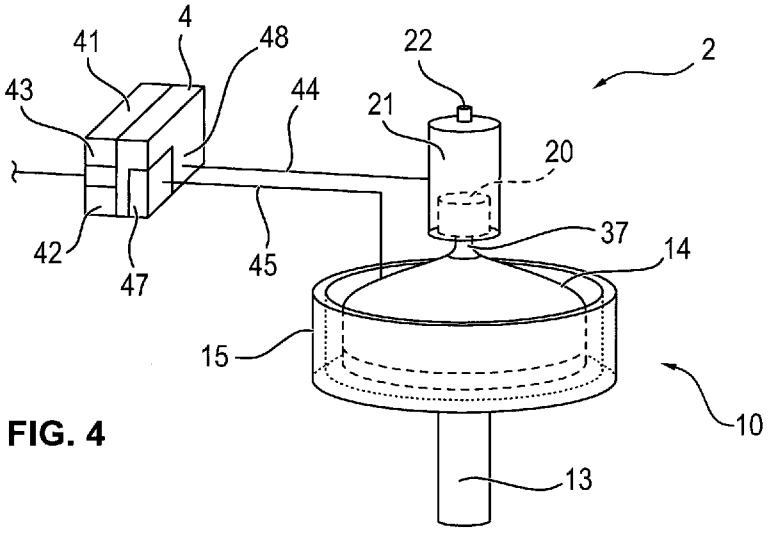


FIG. 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a device and a method for administering artificial respiration to a patient, said device comprising an expiration valve (10) with a membrane element (11) for transmitting a positive end-expiratory pressure, and a pump arrangement (2) for producing the positive end-expiratory pressure, which is connected to the membrane element (11) in a fluidically communicating manner, the pump arrangement (2) comprising a high-frequency pump (21) for producing the positive end-expiratory pressure. The invention allows the pump arrangement (2) to be produced in such a way that it is small and convenient. The structure of the device (1) is also simplified.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil (10) mit einem Membranelement (11) zum Übertragen eines positiven endexspiratorischen Drucks und eine Pumpanordnung (2) zum Erzeugen des positiven endexspiratorischen Drucks, die fluidkommunizierend mit dem Membranelement (11) verbunden ist, aufweist, wobei die Pumpanordnung (2) eine Hochfrequenz-Pumpe (21) zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks aufweist. Durch die Erfindung wird bewirkt, dass die Pumpanordnung (2) klein und günstig hergestellt werden kann. Weiter wird der Aufbau der Vorrichtung (1) vereinfacht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2018/033224 A1

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten und Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil mit einem Membranelement zum Übertragen eines positiven endexspiratorischen Drucks aufweist.

Vorrichtungen zum Beatmen eines Patienten sind z. B. Beatmungsgeräte oder Anästhesiegeräte. Beatmungsgeräte und Anästhesiegeräte werden dazu genutzt, Patienten, die entweder gar nicht selbstständig atmen können oder Hilfe beim Atmen benötigen, Atemluft bereitzustellen. Dazu tragen die Patienten eine Gesichtsmaske, die Mund und Nase abdeckt, oder einen Tubus, der in den Rachenraum und die Luftröhre des Patienten eingeführt wird. Die Gesichtsmaske bzw. der Tubus sind über ein Y-Stück mit einem Beatmungsgerät bzw. einem Anästhesiegerät verbunden. Das Y-Stück weist drei sternförmig über Kanäle miteinander verbundene Öffnungen auf. Eine der Öffnungen ist mit der Gesichtsmaske fluidkommunizierend verbunden. Das Beatmungsgerät drückt durch eine der beiden verbleibenden Öffnungen des Y-Stücks einen inspiratorischen Atemgasstrom in die Lunge des Patienten. Beim Ausatmen wird diese inspiratorische Verbindung des Y-Stücks zum Beatmungsgerät bzw. Anästhesiegerät gesperrt und der exspiratorische Atemgasstrom, der beim Ausatmen des Patienten entsteht, wird über die andere der verbleibenden Öffnungen des Y-Stücks geleitet.

Für eine Großzahl von Patienten ist es vorteilhaft, wenn nach dem Ausatmen ein gewisser Druck in der Lunge verbleibt, um zum Beispiel die Sauerstoffaufnahme in der Lunge zu erhöhen. Dazu wird an dem Ende des Y-Stücks, aus dem der exspiratorische Atemgasstrom fließt, ein Widerstand in Form eines Gegendrucks bereitgestellt. Dieser Gegendruck ist der positiv endexspiratorische Druck (positive end-exspiratory pressure PEEP).

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Zur Erzeugung dieses Druckes, ist das exspiratorische Ende des Y-Stücks mit einem Exspirationsventil verbunden, dessen Schließdruck eingestellt werden kann. Solange der Atemgasstrom einen höheren Druck als den Schließdruck aufweist, öffnet das Ventil. Fällt der Druck des Atemgasstroms unter den Schließdruck, schließt das Ventil. Das Exspirationsventil befindet sich entweder an dem Y-Stück, innerhalb des exspiratorischen Schlauches, oder innerhalb des Beatmungs- oder Anästhesiegerätes an dessen exspiratorischem Eingang.

Es ist bekannt, elektrische Antriebe zur Erzeugung des positiv endexspiratorischen Drucks zu verwenden. Gemäß der DE 10 2005 011 596 B4 wird dazu ein Druckstab verwendet, der mittels einer Spule angetrieben wird. Die Position des Druckstabs wird mittels einer Messspule aufgenommen. Der Stab drückt auf ein Plättchen, das den exspiratorischen Atemgasstrom blockiert. Dieser elektrische Antrieb ist sehr schnell und gut regelbar. Allerdings ist sein Aufbau komplex und die Einleitung der Kraft in das Plättchen kann Querkräfte verursachen. Weiter ist der Antrieb bei negativer Kraft im dynamischen Betrieb nicht kraftschlüssig.

Alternativ sind auch pneumatische Antriebe bekannt. Sie sind einfacher aufgebaut als elektrische Antriebe und leiten die Kraft flächig auf das Ventilplättchen ein. Dabei werden bei pneumatischen Antrieben Querkräfte vermieden. Allerdings sind pneumatische Systeme generell langsamer und leichter schwingfähig als elektrische Antriebe. Dies ist in der sogenannten Compliance begründet, die das Verhältnis aus dem gesamten Gasvolumen des pneumatischen Systems und dem zu ändernden Gasvolumen beschreibt. Generell benötigen schnelle pneumatische Antriebe leistungsfähige Druckquellen, die schnell variiert werden können.

Dazu ist es bekannt, große leistungsfähige Pumpen zu nutzen, die kontinuierlich einen Druck erzeugen. Mittels eines Entlastungsventils kann der Druck schnell reguliert werden. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn das Exspirationsventil gegen den kontinuierlich erzeugten Druck der Pumpe geöffnet werden soll. Diese Pumpen sind in der Regel Membran- oder Kolbenpumpen, die mit einer Frequenz von 20 Hz bis 100 Hz arbeiten. Dadurch werden gleichzeitig Druckstöße in diesem Frequenzbereich erzeugt, die auf die Ventilplättchen wirken können, wobei die Systemfrequenzen des Exspirationsventils in der Regel zwischen 0,1 Hz und ca. 500 Hz liegen. Um die Weitergabe der Druckstöße auf die Ventilplättchen zu vermeiden, ist ein Tiefpass vorgesehen, der in Form eines großen Drucktanks zwischen das Ventilplättchen und die Pumpe geschaltet ist. Für pneumatische Antriebe ist daher eine Mindestcompliance erforderlich, um die Druckpulsationen von den Ventilplättchen abzuschirmen. Diese Compliance resultiert vor allem aus dem großen Volumen des Drucktanks und

dem Volumen der Schläuche. Die große Compliance verhindert eine hohe Dynamik der Anordnung. Aufgrund der Größe dieser Anordnung können die Antriebe lediglich über Schläuche mit dem Exspirationsventil verbunden sein. Weiter sind diese Antriebe sehr schwer.

Figur 2 zeigt den Stand der Technik. Das Beatmungsgerät weist ein Exspirationsventil 10 mit einem Membranelement 11 auf, das ein Exspirationskanal 13 der Maske 18 mit Y-Stück mittels einer Dichtungskomponente 12 verschließen kann. Das Membranelement 11 ist dabei in einem Exspirationsauslass 15 angeordnet. Weiter wird das Membranelement 11 von einer flexiblen Halterungskomponente 14 über einen ersten Verbindungsschlauch 32 mit einer Pumpanordnung 2 verbunden. Die Pumpanordnung 2 weist dabei eine Auslassöffnung 37 an einer Membran- bzw- Kolbenpumpe 35 auf, durch die das von einer Pumpanordnung 2 geförderte Gas ausgelassen wird. Die flexible Halterungskomponente 14 verbindet dabei das Membranelement 11 mit der Auslassöffnung 37. Die Pumpanordnung 2 weist weiter einen großvolumigen Drucktank 33 auf, der als Tiefpass für die Pumpstöße der Pumpanordnung 2 fungiert. Der Drucktank 33 ist dabei über einen zweiten Verbindungsschlauch 34 mit der Membran- bzw. Kolbenpumpe 35 verbunden. Weiter ist ein Entlastungsventil 16 vorgesehen, das zur Regelung des positiv endexspiratorischen Druckes verwendet wird. Allein der Drucktank 33 weist dabei ein Volumen von mindestens ca. 30 ml auf, wobei das Volumen das zu ändernde Volumen, über das das Membranelement 11 angehoben wird, ca. 6 ml beträgt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen leichten, einfach aufgebauten und schnell regelbaren Antrieb für ein Exspirationsventil bereitzustellen.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Bei einer Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil mit einem Membranelement zum Übertragen eines positiven endexspiratorischen Drucks und eine Pumpanordnung zum Erzeugen des positiven endexspiratorischen Drucks, die fluidkommunizierend mit dem Membranelement verbunden ist, aufweist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Pumpanordnung eine Hochfrequenz-Pumpe zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks aufweist.

Unter einer Hochfrequenz-Pumpe wird eine Pumpe verstanden, die eine Pumpfrequenz von mindestens 600 Hz aufweist.

Durch die Nutzung einer Hochfrequenz-Pumpe arbeitet die Pumpanordnung außerhalb der Systemfrequenzen des Exspirationsventils. Dadurch werden durch die Pumpstöße der Hochfrequenz-Pumpe keine Schwingungen im System erzeugt. Daher kann auf einen Drucktank verzichtet werden, der hohe Frequenzen dämpft, die innerhalb der Systemfrequenzen des Exspirationsventils liegen. Durch den Verzicht auf den Drucktank reduziert sich die Compliance der erfindungsgemäßen Pumpanordnung auf die Compliance der Hochfrequenz-Pumpe und der Verbindungskanäle mit dem Membranelement. Die Pumpanordnung benötigt daher keine Mindestcompliance mehr, um Schwingungen zu vermeiden. Die Compliance ist gegenüber herkömmlichen Pumpanordnungen deutlich reduziert, sodass eine hochdynamische Regelung des positiven endexspiratorischen Druckes allein durch die Ansteuerung der Hochfrequenz-Pumpe ermöglicht wird. Durch die Verringerung der Compliance ist weiter das Schwingungsverhalten verbessert. Dadurch, dass in der Pumpanordnung lediglich ein kleines Volumen vorhanden ist, werden nur hochfrequente Schwingungen des Membranelements durch die Pumpanordnung verstärkt. Die Schwingungen des Membranelements werden durch die Pumpanordnung nicht verstärkt. Damit ergibt sich ein verbessertes Schwingungsverhalten des Exspirationsventils.

Vorteilhafterweise ist die Hochfrequenz-Pumpe eine Piezo-Pumpe. Piezo-Pumpen haben den Vorteil, dass sie leistungsstark sind und bei Frequenzen im Kilohertzbereich betrieben werden können. Vorteilhafterweise werden Piezo-Pumpen dabei mit einer Frequenz über der hochfrequenten Hörschwelle (ca. 21000 Hz) betrieben, vorzugsweise bei einer Frequenz von 25000 Hz. Bei dieser Frequenz sind Piezo-Pumpen für das menschliche Gehör nicht wahrnehmbar, so dass weder das Krankenhauspersonal, noch der Patient Geräusche von dem Betrieb der Pumpanordnung wahrnehmen können. Weiter sind Piezo-Pumpen einfach aufgebaut und billig herzustellen. Ein weiterer Vorteil ist, dass Piezo-Pumpen sehr kleine Abmessungen aufweisen und damit das Gewicht der Pumpanordnung im Gegensatz zu den bekannten Systemen sehr deutlich verringern. Die Pumpanordnung kann damit direkt an dem Exspirationsventil angeordnet werden.

Mit Vorteil weist die Pumpanordnung eine Zwei-Wege-Pumpe auf, die in zwei Richtungen durchströmbar ist. Der Gasfluss in der Pumpanordnung, die regelmäßig von einer Ansaugöffnung zu einer Auslassöffnung gerichtet ist, kann in einer Zwei-Wege-Pumpe umgekehrt werden. Daher weist diese Pumpanordnung keine dedizierte Ansaugöffnung oder Auslassöffnung mehr auf.

Stattdessen weist die Zwei-Wege-Pumpe eine erste und eine zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung auf. In einem Hinflusszustand strömt das Fluid durch die erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung in die Zwei-Wege-Pumpe ein und durch die zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung aus der Zwei-Wege-Pumpe aus. In einem Rückflusszustand strömt das Fluid durch die zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung in die Zwei-Wege-Pumpe ein und durch die erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung aus der Zwei-Wege-Pumpe aus.

Sobald der Druck aus dem exspiratorischen Atemgasstrom höher als der positiv endexspiratorische Druck ist, kann das Membranelement damit ohne Zuhilfenahme eines Entlastungsventils oder anderer Hilfskomponenten lediglich durch den Druck des exspiratorischen Atemgasstromes geöffnet werden. Es kann damit auf ein Entlastungsventil verzichtet werden, dass in diesem Fall ansonsten den Druck auf der Pumpenseite verringert hätte.

Die Pumpanordnung kann zweckmäßigerweise weiter einen Pumpenstack aufweisen, der eine Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen aufweist. Die Hochfrequenz-Pumpen im Pumpenstack sind dabei in Reihe geschaltet. Das bedeutet, dass die Auslassöffnung der einen Pumpe in die Ansaugöffnung der zweiten Pumpe gerichtet ist. Alternativ ist es zweckmäßig, dass die Pumpanordnung eine Mehrzahl von parallel geschalteten Hochfrequenz-Pumpen aufweist. In diesem Fall sind die Auslassöffnungen der Hochfrequenz-Pumpen alle auf das gleiche Volumen gerichtet. Bei der Nutzung von mehreren Hochfrequenz-Pumpen können bei Ausfall einer Pumpe die weiteren Pumpen die fehlende Pumpleistung kompensieren. Weiter können mit einer Mehrzahl von vielen kleinen und günstigen Pumpen zuverlässig hohe Enddrücke erreicht werden. Die Abmessungen der Pumpanordnung können auf diese Weise flexibel gestaltet werden.

Es ist weiter zweckmäßig, wenn die Vorrichtung eine Steuereinheit für die Pumpanordnung aufweist, wobei die Steuereinheit mit einem Sensor für den Steuerdruck am Membranelement verbunden ist. Die Steuereinheit steuert dabei die Pumpanordnung in Abhängigkeit von dem Steuerdruck.

Vorteilhafterweise ist bei Vorhandensein mehrerer Hochfrequenz-Pumpen ein Gleichtaktmodul vorgesehen, das ausgebildet ist, die Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen im Gleichtakt anzusteuern. Das bedeutet, dass die Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen jeweils die gleiche Pumpleistung erzeugt. Der Vorteil einer Gleichtaktansteuerung liegt darin, dass die Hochfrequenz-Pumpen gleichmäßig abgenutzt werden.

Alternativ ist es weiter vorteilhaft, wenn die Steuereinheit ein Kaskadenmodul aufweist, das die Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen kaskadiert angesteuert. Damit ist gemeint, dass die Hochfrequenz-Pumpen nacheinander zugeschaltet werden, sobald höhere Leistungen erforderlich werden. Der Vorteil eines Kaskadenmoduls besteht darin, dass Leistungsänderungen feiner und schneller abgestimmt werden können, da die Leistungsänderung nur durch jeweils eine Hochfrequenz-Pumpe bewirkt wird.

Mit Vorteil weist die Steuereinheit ein Statusmodul auf, das den Status des Exspirationsventils und der Pumpanordnung bestimmen kann. Weiter ist dazu ein Kommunikationsmodul vorgesehen, dass die Statussignale zwischen den Pumpen und der Steuereinheit übermittelt. Auf diese Weise wird die Steuereinheit befähigt, den Öffnungswert des Exspirationsventils zu bestimmen und gleichzeitig die Leistung der Pumpen auszulesen. Damit kann die Steuereinheit jederzeit eine der jeweiligen Situation angemessene Steuerung der Pumpen durchführen.

Vorteilhafterweise weist die Pumpanordnung eine Spannungsquelle auf, die die Pumpanordnung mit zwei Steuerspannungen versorgt. Auf diese Weise kann die Pumpanordnung jederzeit mit einer niedrigen Vorspannung beaufschlagt werden. Diese niedrige Vorspannung wird auch dann angelegt, wenn die Pumpanordnung nicht benötigt wird. Sobald dann Leistung abgerufen werden soll, kann die Pumpanordnung deutlich schneller Leistung bereitstellen als wenn keine Vorspannung angelegt wäre. Damit wird die Dynamik der Pumpanordnung weiter erhöht.

Die Erfindung betrifft weiter einen Nachrüstsatz für eine Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil mit einem Membranelement zum Übertragen eines positiven endexspiratorischen Drucks aufweist, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass der Nachrüstsatz eine Pumpanordnung zum Erzeugen des positiven endexspiratorischen Drucks aufweist, wobei die Pumpanordnung zum fluidkommunizierenden Verbinden mit dem Membranelement ausgebildet ist und eine Hochfrequenz-Pumpe zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks aufweist.

Der Nachrüstsatz kann vorteilhaft eine Kopplungskomponente aufweisen, mit der die Pumpanordnung an ein Exspirationsventil einer Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten verbunden werden kann.

Weiterbildungen des Nachrüstsatzes sind aus der oben angeführten Beschreibung zu entnehmen.

Die Erfindung bezieht sich weiter auf eine Steuervorrichtung für eine Pumpanordnung für eine Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten gemäß der oben angegebenen Beschreibung, wobei die Steuervorrichtung einen Istwert-Signaleingang für ein Ist-Druck-Signal und einen Sollwert-Signaleingang für einen Soll-Druck-Signal aufweist, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass die Steuervorrichtung ein Komparatormodul, das zum Ermitteln der Abweichung zwischen dem Ist-Druck-Signal und dem Soll-Druck-Signal ausgebildet ist, und einen Steuersignal-Ausgang, der zum Ausgeben eines Steuersignals an die Pumpanordnung ausgebildet ist, aufweist.

Schließlich bezieht sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zum Steuern einer Pumpanordnung für eine Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten nach der vorangegangenen Beschreibung, wobei die Vorrichtung einen Drucksensor an dem Membranelement aufweist, mit den erfindungsgemäßen Schritten: Erfassen eines Ist-Druck-Signals an dem Membranelement mit dem Drucksensor; Ermitteln eines Differenzsignals aus der Abweichung des Ist-Druck-Signals von einem bereitgestellten Soll-Druck-Signal; Ändern einer Steuerspannung für die Hochfrequenz-Pumpe in Abhängigkeit von dem Differenzsignal.

Es ist weiter vorteilhaft, wenn die Hochfrequenz-Pumpe mit einer Frequenz von mindestens 600 Hz, vorzugsweise mindestens 1000 Hz, weiter vorzugsweise mindestens 10000 Hz, weiter vorzugsweise mindestens 21000 Hz, weiter vorzugsweise 25000 Hz arbeitet.

Im Folgenden wird ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1a,b: eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten;

Figur 2: eine schematische Darstellung einer Pumpanordnung gemäß dem Stand der Technik;

Figur 3: eine schematische Darstellung einer Pumpanordnung mit einer Hochfrequenz-Pumpe;

Figur 4: eine schematische Darstellung einer Pumpanordnung mit einer Piezo-Pumpe, die in zwei Richtungen durchströmbar ist;

Figur 5a,b: eine schematische Darstellung der Funktionsweise einer Piezo-Pumpe, die in zwei Richtungen durchströmbar ist;

Figur 6: eine schematische Darstellung eines Pumpenstacks;

Figur 7: eine schematische Darstellung von einer Mehrzahl von parallel geschalteten Hochfrequenz-Pumpen; und

Figur 8: eine schematische Darstellung eines Nachrüstsatzes.

Eine Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten wird in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 referenziert.

Gemäß der Figuren 1a und 1b umfasst die Vorrichtung ein Beatmungsgerät 3, das über einen Inspirationsschlauch 17 mittels eines Kopplungsstücks mit den Atemwegen eines Patienten verbunden. Das Kopplungsstück ist in diesem Ausführungsbeispiel eine Maske 18 mit Y-Stück. Anstatt einer Maske 18 kann auch ein Tubus (nicht dargestellt) eines intubierten Patienten genutzt werden. Anstatt eines Beatmungsgerätes 3 kann auch ein Anästhesiegerät vorgesehen sein.

Über den Inspirationsschlauch 17 wird der Patient, der die Maske 18 trägt, von dem Beatmungsgerät 3 mit Atemluft versorgt. Die Atemluft wird dabei unter Druck in die Atemwege des Patienten eingeführt. Beim Ausatmen des Patienten wird die Verbindung über den Inspirationsschlauch 17 gesperrt. Die ausgeatmete Luft des Patienten, die den Exspirationsatemgasstrom definiert, fließt über das Exspirationsventil 10 in die Umgebung ab. Das Exspirationsventil 10 bildet zusammen mit einer Pumpanordnung 2 ein PEEP-Ventil.

Figur 1a zeigt dabei eine Anordnung des Exspirationsventils 10 an dem Y-Stück der Maske 18. Alternativ kann das Exspirationsventil 10 wie in Figur 1b dargestellt in das Beatmungsgerät 3 integriert sein.

Gemäß Figur 3 weist die Pumpanordnung 2 eine Hochfrequenz-Pumpe 21 auf. Die Auslassöffnung 37 der Pumpe 21 ist mit der flexiblen Halterungskomponente 14 verbunden. Die

Hochfrequenz-Pumpe 21 weist dabei ein Entlastungsventil 16 auf, um bei Beginn der Exspirationsphase den exspiratorischen Druck öffnen zu können. Über das Entlastungsventil 16 kann der Druck, der von der Hochfrequenz-Pumpe 21 auf das Membranelement 11 ausgeübt wird, verringert werden. Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist die Hochfrequenz-Pumpe 21 unmittelbar an dem Exspirationsventil 10 angeordnet. Da auf einen Drucktank 33, wie in Figur 2 abgebildet, aufgrund der fehlenden Systemresonanzen zwischen der Pumpanordnung und dem Exspirationsventil 10 verzichtet werden kann, kann die Hochfrequenz-Pumpe 21 ohne einen Verbindungsschlauch an die flexible Halterungskomponente 14 angekoppelt werden.

Die Hochfrequenz-Pumpe 21 saugt über eine Ansaugöffnung 36 Luft an, die dann in das Volumen, das durch die flexible Halterungskomponente 14 und das Membranelement 11 gebildet wird, eingeleitet wird.

Die Hochfrequenz-Pumpe 21 ist über eine Pumpensignalleitung 44 mit einer Steuereinheit 4 verbunden. Über die Pumpensignalleitung 44 wird die Hochfrequenz-Pumpe 21 durch die Steuereinheit 4 gesteuert. Dazu ist an dem Membranelement 11 ein Drucksensor 46 vorgesehen. Der Drucksensor 46 ermittelt einen Steuerdruck-Istwert zwischen dem exspiratorischen Atemgasstrom und dem Volumen, das von den Membranelement 11 und der flexiblen Halterungskomponente 14 gebildet wird. Der Drucksensor 46 ist über eine Sensorsignalleitung 45 mit der Steuereinheit 4 verbunden. Die Pumpensignalleitung 44 verbindet dabei einen Steuersignal-Ausgang 48 mit der Hochfrequenz-Pumpe 21. Die Sensorsignalleitung 45 verbindet den Sensor 46 mit einem Ist-Wert-Eingang 47 der Steuereinheit 4. Weiter umfasst die Steuereinheit 4 einen Sollwert-Eingang 43. Mittels des Sollwert-Eingangs 43 wird der Steuereinheit 4 ein Steuerdruck-Sollwert für den positiv endexspiratorischen Druck übermittelt. Der Steuerdruck-Sollwert kann dabei manuell von einem Benutzer eingegeben werden oder über eine Steuersignalleitung von einer übergeordneten Steuerung übermittelt werden.

Weiter umfasst die Steuereinheit 4 ein Statusmodul 42, das den Öffnungsstatus des Exspirationsventils 10 bestimmt. In Abhängigkeit von dem Öffnungsstatus des Exspirationsventils 10 und dem von einem Komparatormodul 41 durchgeführten Vergleich zwischen dem von dem Sollwert-Eingang übermittelten Steuerdruck-Sollwert und dem von dem Drucksensor 46 übermittelten Steuerdruck-Istwert, wird ein Steuersignal an die Hochfrequenz-Pumpe 21 übermittelt.

Die Hochfrequenz-Pumpe 21 kann als Piezo-Pumpe ausgebildet sein. Piezo-Pumpen zeichnen sich dadurch aus, dass sie besonders klein sind und bei besonders hohen Frequenzen

betrieben werden können. Das innere Volumen der Hochfrequenz-Pumpe 21 beträgt dabei weniger als 1 ml, vorzugsweise weniger als 0,5 ml. Auf diese Weise kann die Compliance der Pumpanordnung 2 besonders stark verringert werden. Weiter wird die Einsparung an Gewicht und Kosten weiter erhöht.

In Figur 4 wird eine weitere Ausführungsform der Pumpanordnung 2 dargestellt. In dieser Ausführungsform weist die Hochfrequenz-Pumpe 21 eine Zwei-Wege-Pumpe 20 auf, die in zwei Richtungen durchströmt werden kann. Die Pumpengeometrie ist dabei so gewählt, dass die Pumpanordnung 2 kein Entlastungsventil mehr benötigt. Anstatt einer Ansaugöffnung 36 weist die Pumpanordnung 2 eine erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 auf. Durch die erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 kann ein Fluid abhängig von den Druckverhältnissen in der Hochfrequenz-Pumpe 21 entweder in die Pumpanordnung 2 einströmen oder aus der Pumpanordnung 2 ausströmen.

Mittels Figur 5 wird eine Zwei-Wege-Pumpe 20 näher erläutert. Die Zwei-Wege-Pumpe 20 ist dabei in einer Querschnittsdarstellung dargestellt. Die Zwei-Wege-Pumpe 20 umfasst ein Außengehäuse 24 mit einer zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23. Weiter weist das Außengehäuse 24 die erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 auf. Die erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 ist auf der gegenüberliegenden Seite der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 am Außengehäuse 24 angeordnet. Innerhalb des Außengehäuses 24 ist eine Piezo-Pumpe 29 angeordnet. Die Piezo-Pumpe 29 weist eine Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 auf. Die Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 ist dabei fluchtend mit der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 angeordnet. Die Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 und die zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 haben eine gemeinsame Achse, sodass ein Gasstrom, der durch die Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 strömt, durch die zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 gerichtet ist. Weiter ist die Piezo-Pumpe 29 so in dem Außengehäuse 24 gelagert, dass zwischen der ersten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 und der zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 ein Strömungskanal 282 gebildet wird. Die Piezo-Pumpe 29 weist weiter ein Piezo-Element 27 auf, das auf einem Federelement 28 gelagert und mit ihm fest verbunden ist. Das Federelement 28 ist über flexible Verbindungselemente 281 mit der Piezo-Pumpe 29 verbunden. Das Federelement 28 und das Piezo-Element 27 sind über Oszillatorleitungen 251 mit einem Wechselspannungsgenerator 25 verbunden. Weiter ist die Piezo-Pumpe 29 mit einer Abdeckplatte 26 der Zwei-Wege-Pumpe 20 verbunden.

Durch die Wechselspannung, die von dem Wechselspannungsgenerator 25 zwischen dem Federelement 28 und dem Piezo-Element 27 angelegt wird, ändert sich die Längenausdeh-

nung des Piezo-Elements 27. Dadurch wird das Federelement 28 in eine Transversalschwingung versetzt. Die beiden extremen Schwingungszustände des Federelements 28 sind zwischen den beiden Figuren 5a und 5b ersichtlich. In Figur 5a ist das Federelement 28 nach oben gewölbt hingegen ist in Figur 5b flach bzw. leicht nach unten gewölbt ist. Wenn das Federelement 28 nach oben gewölbt wird, fließt Luft in den Innenraum der Piezo-Pumpe 29 durch die Zwei-Wege-Pumpöffnung 291. Die Luft wird dabei im Wesentlichen aus dem Strömungskanal 282 in die Piezo-Pumpe 29 eingesaugt. Es wird vergleichsweise wenig Luft aus der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 angesaugt.

Wenn das Federelement 28 in Richtung der Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 verformt wird, verkleinert sich das Volumen der Piezo-Pumpe 29. Dabei wird das in der Piezo-Pumpe 29 befindliche Gas bzw. Fluid durch die Zwei-Wege-Pumpöffnung 291 ausgestoßen. Dabei entsteht ein gerichteter Strom. Dies ist durch die Pfeile gemäß Figur 5b dargestellt. Der gerichtete Fluidstrom wird durch die zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 ausgestoßen. Durch die gerichtete Bewegung des Stroms fließt der Strom nicht durch den Strömungskanal 282.

Wenn an der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 ein größerer Druck erzeugt wird, als die Piezo-Pumpe 29 erzeugt, wird die Fluidströmung im Strömungskanal 282 umgekehrt. Der von der Piezo-Pumpe 29 erzeugte gerichtete Fluidstrom wird dabei durch den größeren Druck, der an der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 anliegt, seitlich abgelenkt, sodass auch dieser Fluidstrom durch den Strömungskanal 282 fließt. In diesem Fall fließt die Fluidströmung von der zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 durch den Strömungskanal 282 aus der ersten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 nach außen ab.

Figur 6 zeigt eine Pumpanordnung 2, die eine Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen 21 aufweist. Diese Hochfrequenz-Pumpen 21 sind als Zwei-Wege-Pumpen 20 ausgebildet. Die zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnungen 23 der Zwei-Wege-Pumpen 20 sind jeweils auf die ersten Zwei-Wege-Durchlassöffnungen 22 einer jeweiligen folgenden Zwei-Wege-Pumpe 20 ausgerichtet. Lediglich die oben gelegene Zwei-Wege-Pumpe 20, weist erste Zwei-Wege-Durchlassöffnungen 22 auf, die nicht von einer zweiten Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 einer anderen Zwei-Wege-Pumpe 20 gespeist wird. Weiter weist die unterste Zwei-Wege-Pumpe 20 eine zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung 23 auf, die nicht auf eine erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung 22 einer anderen Zwei-Wege-Pumpe 20 gerichtet ist. Da jede der Zwei-Wege-Pumpen 20 einen freien Strömungskanal 282 aufweist, kann lediglich eine einzige Zwei-Wege-Pumpe 20 betrieben werden, ohne dass Strömungswege zwischen der Umgebungsluft und dem Membranelement 11 blockiert sind. Die Strömungskanäle 282 bilden

auf diese Weise einen Bypass um die Piezo-Pumpen 29 in den Zwei-Wege-Pumpen 20. Jede der Zwei-Wege-Pumpen 20 ist mit einem eigenen Wechselspannungsgenerator 25 über eine Oszillatorleitung 251 verbunden. Die Wechselspannungsgeneratoren 25 sind über Pumpensignalleitungen 44 mit der Steuereinheit 4 verbunden. Über die Steuereinheit 4 werden damit die Wechselspannungsgeneratoren 25 gesteuert, wobei die Wechselspannungsgeneratoren 25 über ein Kaskadenmodul 52 separat angesteuert werden. Auf diese Weise ist es möglich, dass die Zwei-Wege-Pumpen 20 in jedweder Kombination einen bestimmten Druck erzeugen können. So kann zum Beispiel eine einzige Zwei-Wege-Pumpe 20 mit ihrer Maximalleistung betrieben werden und eine weitere Pumpe mit halber Leistung oder zwei Pumpen mit dreiviertel Leistung betrieben werden. Alterativ oder zusätzlich kann weiter ein Gleichtaktmodul 51 vorgesehen werden, mit dem die Pumpen so angesteuert werden, dass alle Pumpen mit gleicher Leistung arbeiten.

Die Zwei-Wege-Pumpen 20 sind in dieser Ausführungsform in einem Stack-Gehäuse 5 angeordnet. Das Stack-Gehäuse 5 ist dabei so ausgebildet, dass die Zwei-Wege-Pumpen 20 einen gemeinsamen Fluidstrom erzeugen.

In einer alternativen Ausführungsform gemäß Figur 7 sind die Hochfrequenz-Pumpen 21 parallel geschaltet. Jede der Hochfrequenz-Pumpen 29 erzeugt einen eigenen Fluidstrom. Die Hochfrequenz-Pumpen 21 können dabei als Zwei-Wege-Pumpen 20 ausgebildet sein.

Auch in dieser Ausführungsform umfassen die Zwei-Wege-Pumpen 20 jeweils einen eigenen Wechselstromgenerator 25, der jeweils über eine eigene Oszillatorleitung 251 mit der jeweiligen Zwei-Wege-Pumpe 20 verbunden ist. Die Wechselstromgeneratoren 25 sind über Pumpensignalleitungen 44 mit einer Steuereinheit 4 verbunden. Die Steuereinheit 4 kann mittels eines Kaskadenmoduls 52 damit auch in dieser Ausführungsform die Pumpleistung jeder der Zwei-Wege-Pumpen 20 einzelnen unabhängig ansteuern. Alterativ oder zusätzlich kann weiter ein Gleichtaktmodul 51 vorgesehen werden, mit dem die Pumpen so angesteuert werden, dass alle Pumpen mit gleicher Leistung arbeiten. Somit ist auch in dieser Ausführungsform eine gleichgetakteten oder eine kaskadierte Ansteuerung der Zwei-Wege-Pumpen 20 ermöglicht.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Erfindung als Nachrüstsatz ausgebildet, die eine Pumpanordnung 2 mit einer Hochfrequenz-Pumpe 21 aufweist. Die Pumpanordnung 2 weist weiter ein Kopplungsmodul 50 auf, das ausgebildet ist eine fluidkommunizierende, gasdichte Verbindung mit einem Membranelement 11 einer Vorrichtung 1 zum Beatmen eines Patien-

ten zu erzeugen. Ein derartiger Nachrüstsatz ist in Figur 8 dargestellt. Der Nachrüstsatz 6 kann zum Ersetzen von bisher vorhandenen pneumatischen Antrieben von Membranelementen 11 von Vorrichtungen zum Beatmen 1 eingesetzt werden. Dazu werden das Verbindungsstück 31 und der Verbindungsschlauch 32 entfernt und stattdessen der Nachrüstsatz 6 mit dem Kopplungsmodul 50 an die flexible Halterungskomponente 14 angebracht. Auf diese Weise können auch Exspirationsventile 10, die bisher keinen Antrieb für das Membranelement 11 aufweisen und damit auch keinen positiv endexspiratorischen Druck bereitstellen können, nachgerüstet werden. Der Nachrüstsatz 6 kann ebenfalls mit einer Steuereinheit 4 ausgerüstet werden. Alternativ kann der Nachrüstsatz auch zum Verbinden mit einer bereits bestehenden Steuereinheit 4 ausgebildet sein. Dazu weist der Nachrüstsatz weiter ein Steuersignaleingang 53 auf.

Das Verfahren zum Steuern der Pumpanordnung 2 kann durch die Steuereinheit 4 durchgeführt werden. Dabei wird zunächst der Ist-Druck an dem Membranelement 11 durch den Drucksensor 46 erfasst und in ein Ist-Druck-Signal umgewandelt. Das Ist-Druck-Signal des Drucksensors 46 wird an die Steuereinheit 4 übermittelt. Weiter wird der Steuereinheit 4 ein Soll-Druck-Signal bereitgestellt. Die Steuereinheit 4 vergleicht dann mittels des Komparatormoduls 41 das Soll-Druck-Signal mit dem Ist-Druck-Signal. Aus der Abweichung zwischen den beiden Signalen ermittelt die Steuereinheit 4 dann ein Steuersignal für die Steuerspannung der Hochfrequenz-Pumpen 21, um die Abweichung zwischen dem Ist-Druck-Signal und dem Soll-Druck-Signal zu minimieren.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten
2	Pumpanordnung
3	Beatmungsgerät
4	Steuereinheit
5	Stack-Gehäuse
6	Nachrüstsatz
10	Exspirationsventil
11	Membranelement
12	Dichtungskomponente
13	Exspirationskanal
14	Halterungskomponente
15	Exspirationsauslass
16	Entlastungsventil
17	Inspirationsschlauch
18	Maske mit Y-Stück
20	Zwei-Wege-Pumpe
21	Hochfrequenz-Pumpe
22	Erste Zwei-Wege-Durchlassöffnung
23	Zweite Zwei-Wege-Durchlassöffnung
24	Außengehäuse
25	Wechselspannungsgenerator
26	Abdeckplane
27	Piezo-Element
28	Federelement
29	Piezo-Pumpe
31	Verbindungsstück
32	Erster Verbindungsschlauch
33	Drucktank
34	Zweiter Verbindungsschlauch
35	Membran- bzw. Kolbenpumpe
36	Ansaugöffnung
37	Auslassöffnung
41	Komparatormodul

43 Sollwert-Eingang
44 Pumpensignalleitung
45 Sensorsignalleitung
46 Drucksensor
47 Ist Wert-Eingang
48 Steuersignal-Ausgang
50 Kopplungsmodul
51 Gleichtaktmodul
52 Kaskadenmodul
53 Steuersignaleingang
228 Strömungskanal
251 Oszillatorleitung
281 Verbindungselemente
282 Strömungskanal
291 Zwei-Wege-Pumpöffnung

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil (10) mit einem Membranelement (11) zum Übertragen eines positiv endexspiratorischen Drucks und eine Pumpanordnung (2) zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks, die fluidkommunizierend mit dem Membranelement (11) verbunden ist, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) eine Hochfrequenz-Pumpe (21) zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochfrequenz-Pumpe (21) eine Piezo-Pumpe (20) ist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochfrequenz-Pumpe (21) eine Zwei-Wege-Pumpe (20) ist, die in zwei Richtungen durchströmbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) eine Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen (21) aufweist, die in Reihe geschaltet in einem Stack-Gehäuse (5) angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) eine Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen (21) aufweist, die parallel geschaltet sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) an dem Membranelement (11) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) eine Steuereinheit (4) für die Pumpanordnung (2) aufweist, wobei die Steuereinheit (4) mit einem Sensor (46) für den Steuerdruck verbunden ist, der am Membranelement (11) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (4) ein Gleichtaktmodul (51) aufweist, das zum Ansteuern einer Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen (21) im Gleichtakt ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (4) ein Kaskadenmodul (52) aufweist, das zum kaskadierten Ansteuern einer Mehrzahl von Hochfrequenz-Pumpen (21) ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (4) ein Statusmodul (42) aufweist, das zum Bestimmen des Status des Exspirationsventils (10) und der einzelnen Hochfrequenz-Pumpen (21) ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) eine Spannungsquelle aufweist, die ausgebildet ist, zwei Steuerspannungen an eine Hochfrequenz-Pumpe (21) anzulegen.

12. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochfrequenz-Pumpe mit 600 Hz, vorzugsweise mindestens 1000 Hz, weiter vorzugsweise mindestens 10000 Hz, weiter vorzugsweise mindestens 21000 Hz, weiter vorzugsweise 25000 Hz, Pumpfrequenz betrieben wird.

13. Nachrüstsatz für eine Vorrichtung (1) zum Beatmen eines Patienten, die ein Exspirationsventil (10) mit einem Membranelement (11) zum Übertragen eines positiven endexspiratorischen Drucks aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachrüstsatz (6) eine Pumpanordnung (2) zum Erzeugen des positiven endexspiratorischen Drucks aufweist, wobei die Pumpanordnung (2) eine Hochfrequenz-Pumpe (21) zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks und ein Kopplungsmodul (50) zum fluidkommunizierenden, gasdichten Verbinden mit dem Membranelement (11) aufweist.

14. Nachrüstsatz nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachrüstsatz (6) nach einem der Ansprüche 2 - 12 weitergebildet ist.

15. Steuervorrichtung für eine Pumpanordnung (2) für eine Vorrichtung (1) zum Beatmen eines Patienten nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Steuervor-

richtung (4) einen Ist-Wert-Signaleingang (47) für ein Ist-Druck-Signal und einen Sollwert-Signaleingang (43) für ein Soll-Druck-Signal aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (4) ein Komparatormodul (41), das zum Ermitteln der Abweichung zwischen den Ist-Druck-Signal und dem Soll-Druck-Signal ausgebildet ist, und einen Steuersignal-Ausgang (48), der zum Ausgeben eines Steuersignals an die Pumpanordnung (2) ausgebildet ist, aufweist.

16. Verfahren zum Steuern einer Pumpanordnung (2) für eine Vorrichtung (1) zum Beatmen eines Patienten nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Vorrichtung einen Drucksensor (46) an dem Membranelement (11) aufweist, gekennzeichnet durch die Schritte: Bereitstellen eines Soll-Druck-Signals; Erfassen eines ist-Druck-Signals an dem Membranelement (11) mit dem Drucksensor (46); Ermitteln eines Differenzsignals aus der Abweichung des ist-Druck-Signals von dem bereitgestellten Soll-Druck-Signals; und Ändern einer Steuerspannung für die Hochfrequenz-Pumpe (21) in Abhängigkeit von den Differenzsignal.

17. System umfassend ein Ventil (10) mit einem Membranelement (11) zum Übertragen eines positiv endexspiratorischen Drucks und einer Pumpanordnung (2) zum Erzeugen des positiv endexspiratorischen Drucks, die fluidkommunizierend mit dem Membranelement (11) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpanordnung (2) eine Hochfrequenzpumpe (21) aufweist.

18. System nach Anspruch 17 dadurch gekennzeichnet, dass das System (6) nach einem der Ansprüche 1 – 12 weitergebildet ist.

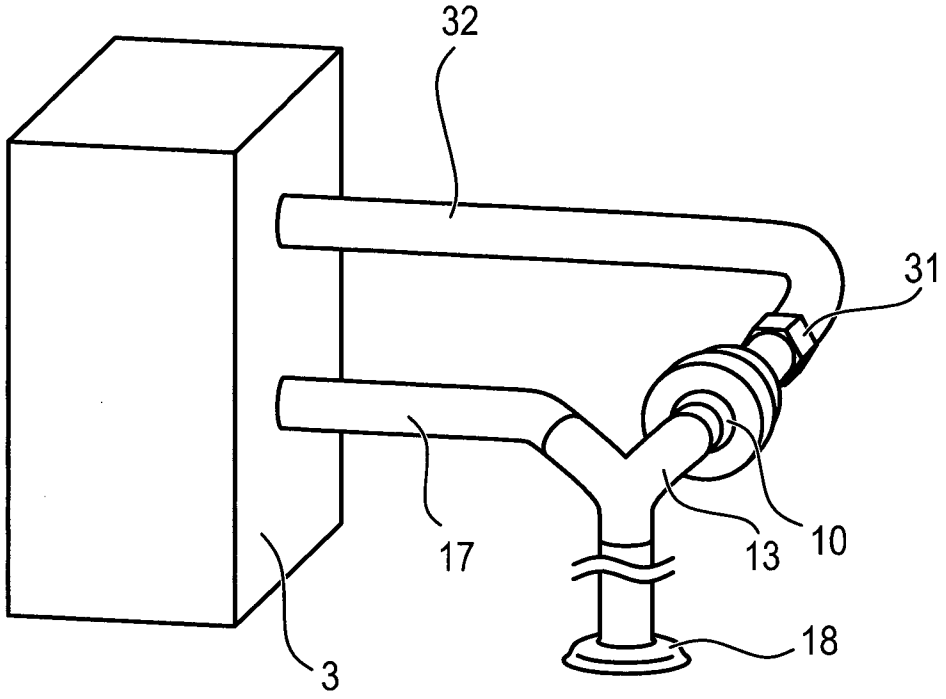


FIG. 1a

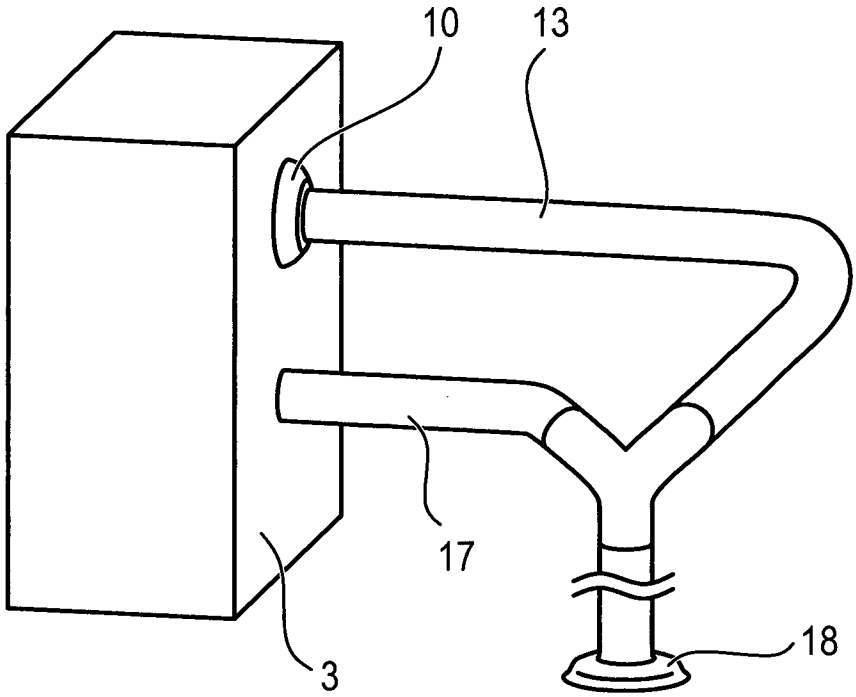


FIG. 1b

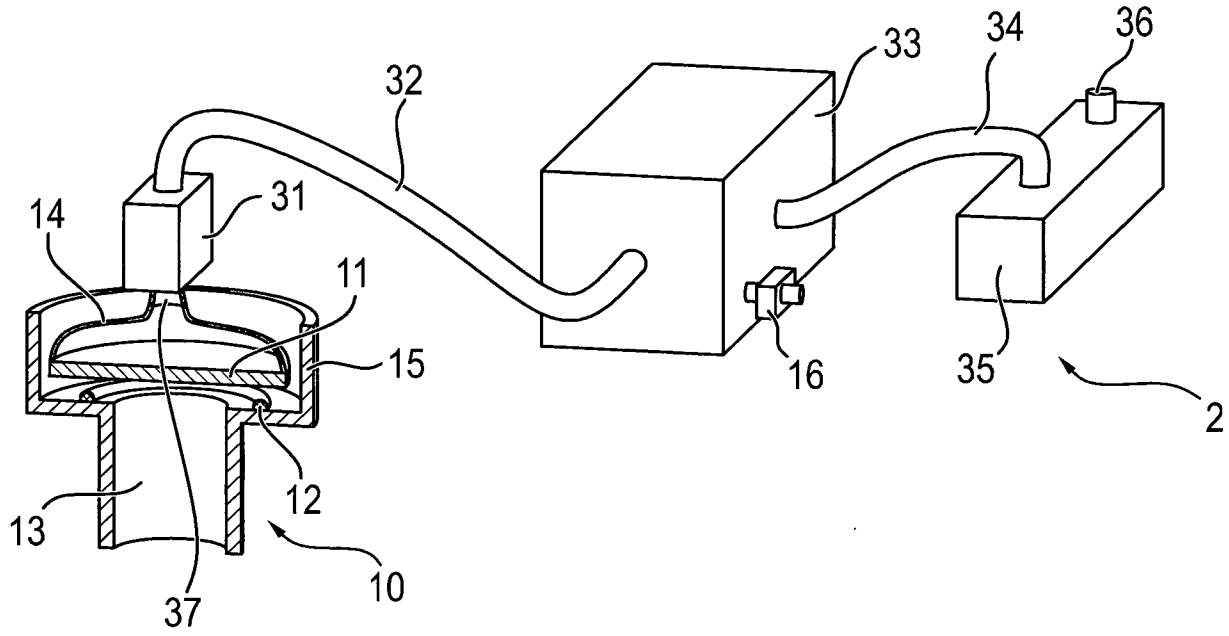


FIG. 2 Stand der Technik

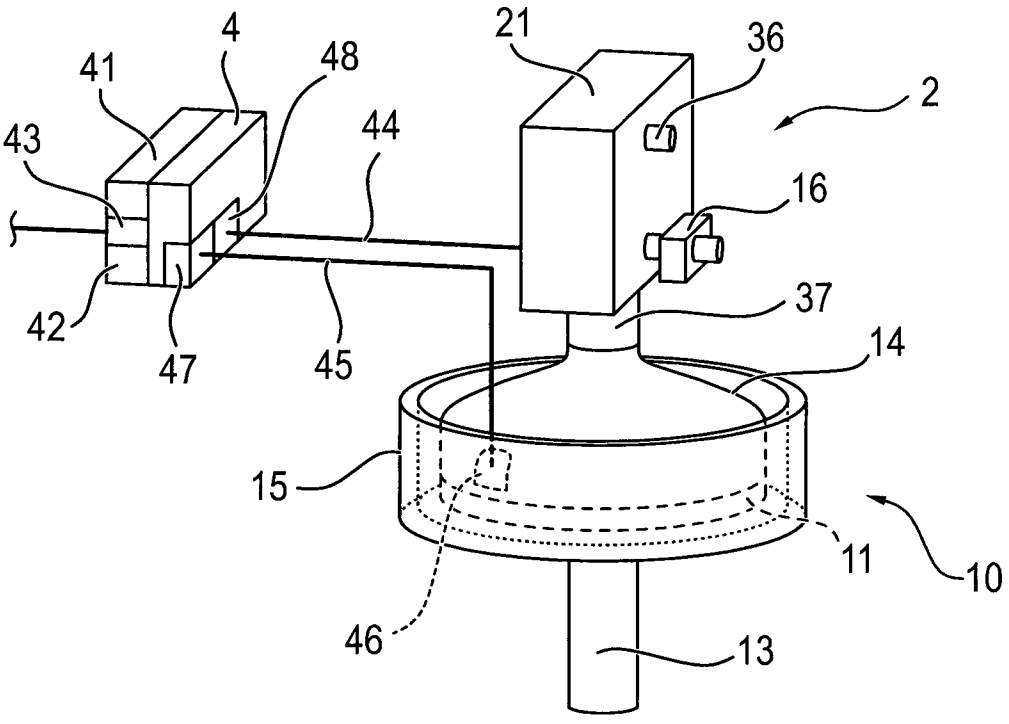


FIG. 3

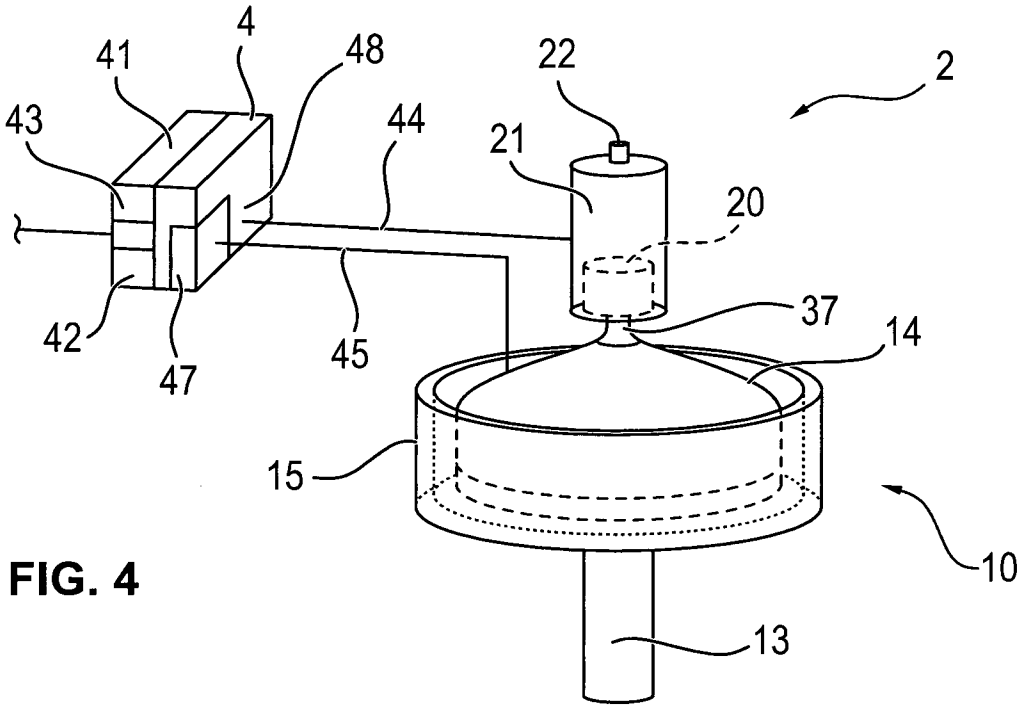


FIG. 4

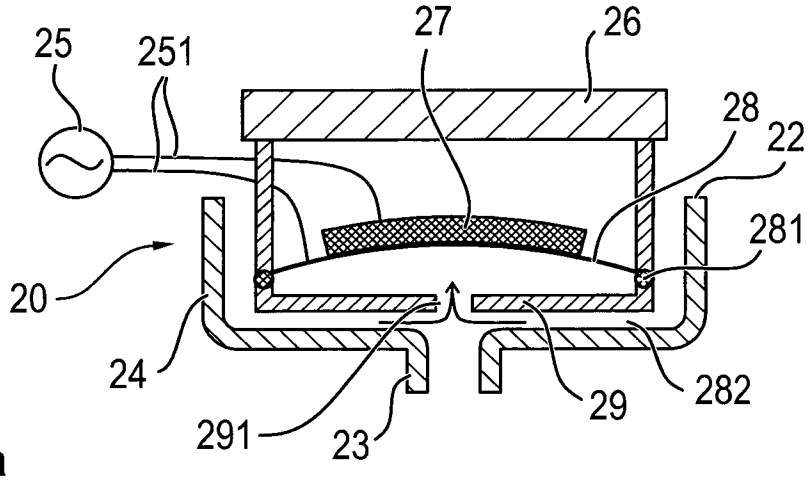


FIG. 5a

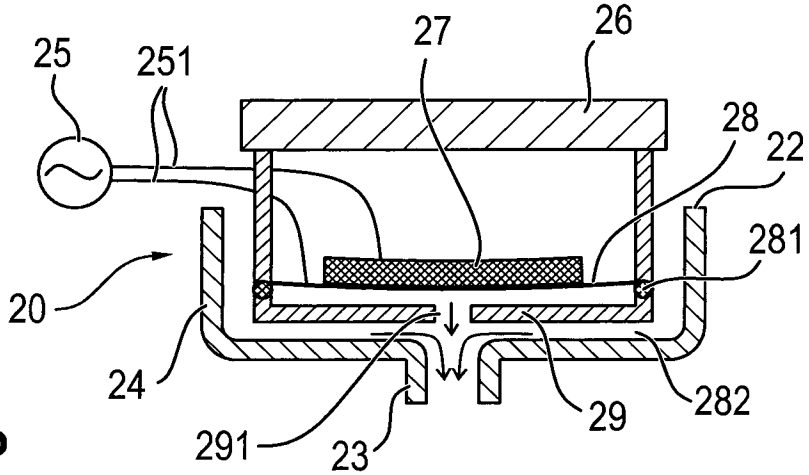


FIG. 5b

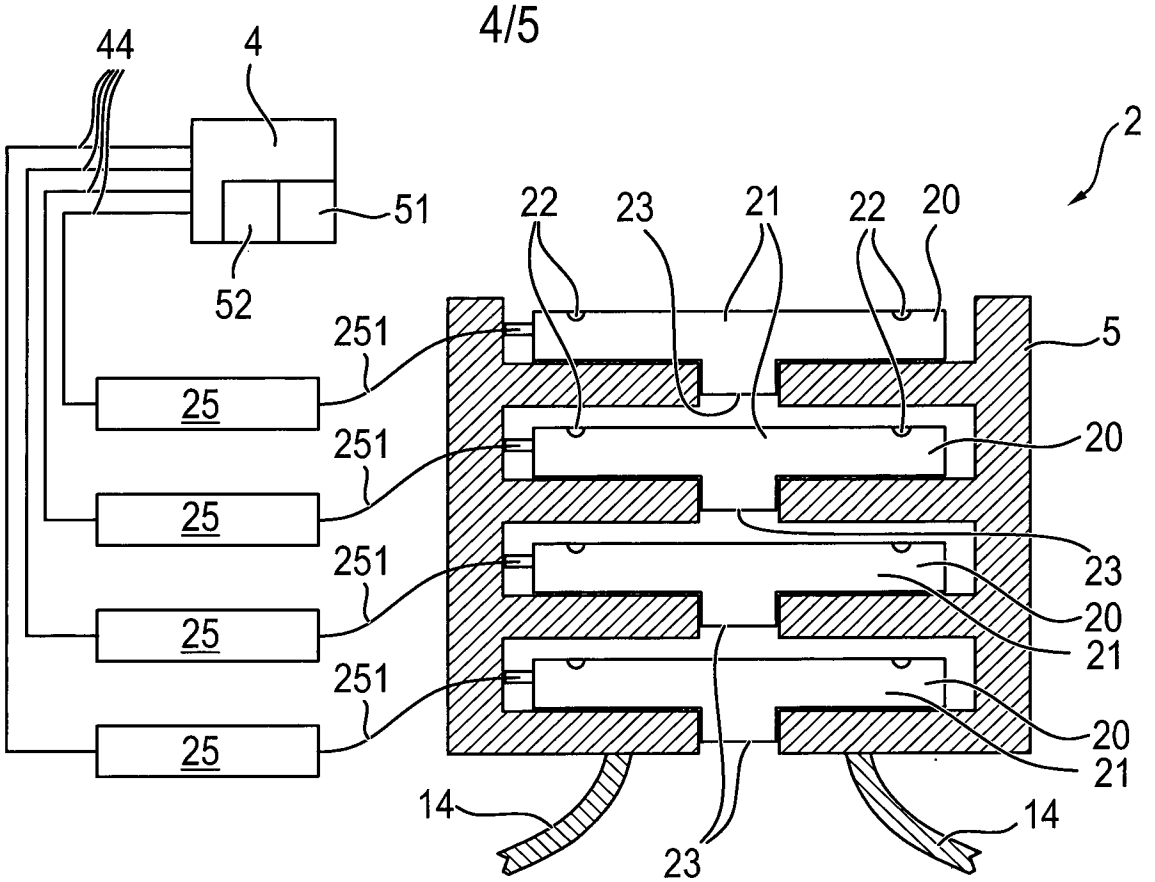

44
4
2
51
52
22
23
21
22
20
251
5
25
20
251
25
23
251
20
25
21
251
20
25
21
14
23
14

FIG. 6

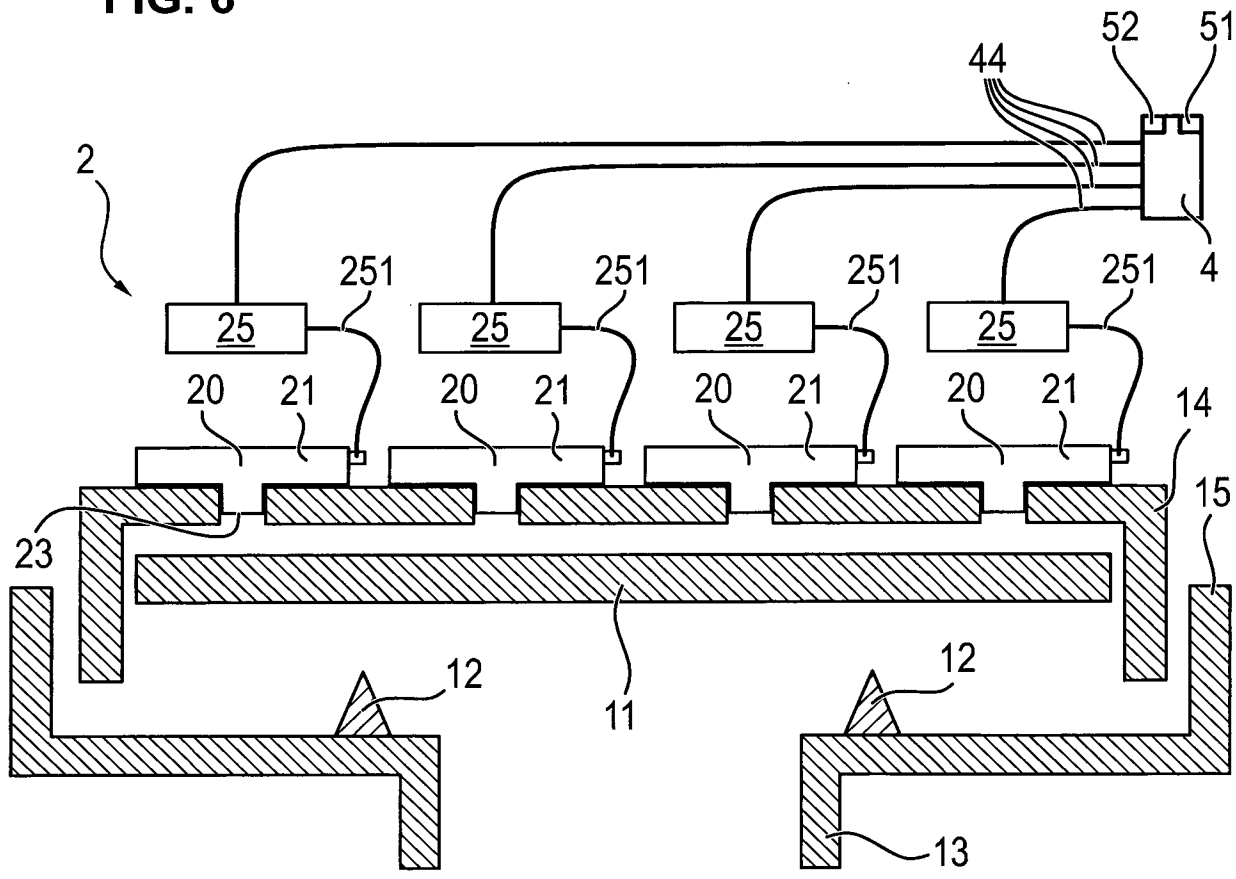

52
51
44
2
4
251
251
251
251
25
25
25
25
20
21
20
21
20
21
20
21
14
15
23
12
11
12
13

FIG. 7

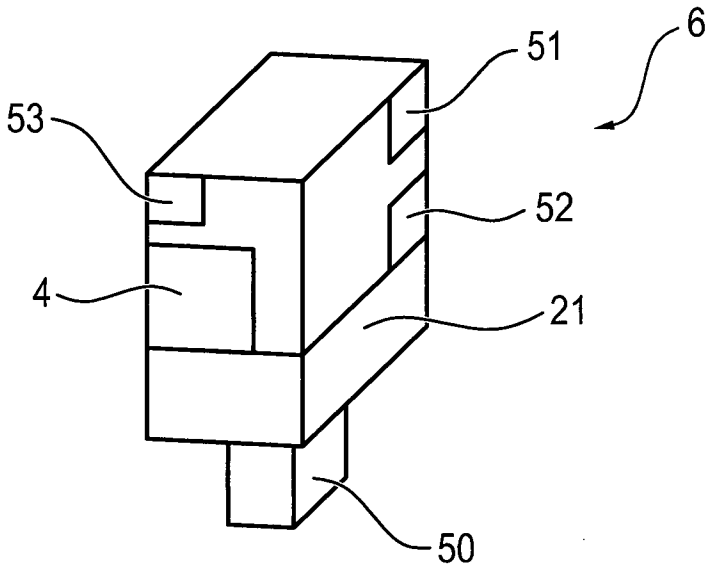


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61M16/20 F16K31/126 F16K31/00 F04B43/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61M F16K F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/167843 A1 (KIMM GARDNER [US] ET AL) 4 July 2013 (2013-07-04) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-6	1-15,17, 18
X	EP 2 756 861 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 23 July 2014 (2014-07-23) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-12	1-15,17, 18
X	EP 2 781 748 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 24 September 2014 (2014-09-24) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 14-15	13,14

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 April 2017	10/05/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Azaïzia, Mourad

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000229

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 835 535 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 11 February 2015 (2015-02-11) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-21	13,14
A	WO 2006/117591 A1 (SAIME SARL [FR]; CHALVIGNAC PHILIPPE [FR]) 9 November 2006 (2006-11-09) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 2a-2d	1-15,17, 18
A	JP H04 215766 A (AI EMU AI KK) 6 August 1992 (1992-08-06) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-4	1-15,17, 18

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2017/000229

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 16
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

PCT Rule 39.1(iv) - methods for treatment of the human or animal body by therapy.

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/000229

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013167843 A1	04-07-2013	NONE	
EP 2756861 A1	23-07-2014	EP 2756861 A1	23-07-2014
		JP 5417561 B2	19-02-2014
		JP 2013059382 A	04-04-2013
		US 2015040904 A1	12-02-2015
		WO 2013039104 A1	21-03-2013
EP 2781748 A1	24-09-2014	EP 2781748 A1	24-09-2014
		JP 5286476 B2	11-09-2013
		JP 2013118972 A	17-06-2013
		US 2014305436 A1	16-10-2014
		WO 2013084918 A1	13-06-2013
EP 2835535 A1	11-02-2015	EP 2835535 A1	11-02-2015
		EP 3064773 A1	07-09-2016
		ES 2592706 T3	01-12-2016
		JP 5636555 B2	10-12-2014
		JP 2013213421 A	17-10-2013
		US 2015059749 A1	05-03-2015
		WO 2013151014 A1	10-10-2013
WO 2006117591 A1	09-11-2006	AU 2005331451 A1	09-11-2006
		AU 2006243197 A1	09-11-2006
		CN 101171049 A	30-04-2008
		CN 101171050 A	30-04-2008
		CN 102921088 A	13-02-2013
		EP 1885425 A1	13-02-2008
		EP 1888158 A2	20-02-2008
		JP 4816727 B2	16-11-2011
		JP 5256023 B2	07-08-2013
		JP 5678875 B2	04-03-2015
		JP 5875940 B2	02-03-2016
		JP 2008539841 A	20-11-2008
		JP 2008539850 A	20-11-2008
		JP 2012086030 A	10-05-2012
		JP 2012187421 A	04-10-2012
		NZ 562500 A	30-06-2011
		NZ 562501 A	29-10-2010
		US 2009314294 A1	24-12-2009
		US 2010018529 A1	28-01-2010
		US 2014007876 A1	09-01-2014
		US 2014041661 A1	13-02-2014
		US 2016175556 A1	23-06-2016
		WO 2006117379 A2	09-11-2006
		WO 2006117591 A1	09-11-2006
JP H04215766 A	06-08-1992	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000229

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61M16/20 F16K31/126 F16K31/00 F04B43/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A61M F16K F04B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/167843 A1 (KIMM GARDNER [US] ET AL) 4. Juli 2013 (2013-07-04) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-6	1-15,17, 18
X	EP 2 756 861 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 23. Juli 2014 (2014-07-23) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-12	1-15,17, 18
X	EP 2 781 748 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 24. September 2014 (2014-09-24) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 14-15	13,14

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. April 2017	10/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Azaïzia, Mourad

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000229

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 835 535 A1 (METRAN CO LTD [JP]) 11. Februar 2015 (2015-02-11) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-21	13,14
A	WO 2006/117591 A1 (SAIME SARL [FR]; CHALVIGNAC PHILIPPE [FR]) 9. November 2006 (2006-11-09) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 2a-2d	1-15,17, 18
A	JP H04 215766 A (AI EMU AI KK) 6. August 1992 (1992-08-06) das ganze Dokument, und insbesondere die Abbildungen 1-4	1-15,17, 18

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000229

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. [X] Ansprüche Nr. 16
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

Regel 39.1 iv) PCT - Verfahren zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers

2. [ ] Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. [ ] Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. [ ] Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. [ ] Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. [ ] Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. [ ] Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

[ ] Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchengebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.

[ ] Die zusätzlichen Recherchengebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.

[ ] Die Zahlung der zusätzlichen Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000229

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013167843 A1	04-07-2013	KEINE	
EP 2756861 A1	23-07-2014	EP 2756861 A1	23-07-2014
		JP 5417561 B2	19-02-2014
		JP 2013059382 A	04-04-2013
		US 2015040904 A1	12-02-2015
		WO 2013039104 A1	21-03-2013
EP 2781748 A1	24-09-2014	EP 2781748 A1	24-09-2014
		JP 5286476 B2	11-09-2013
		JP 2013118972 A	17-06-2013
		US 2014305436 A1	16-10-2014
		WO 2013084918 A1	13-06-2013
EP 2835535 A1	11-02-2015	EP 2835535 A1	11-02-2015
		EP 3064773 A1	07-09-2016
		ES 2592706 T3	01-12-2016
		JP 5636555 B2	10-12-2014
		JP 2013213421 A	17-10-2013
		US 2015059749 A1	05-03-2015
		WO 2013151014 A1	10-10-2013
WO 2006117591 A1	09-11-2006	AU 2005331451 A1	09-11-2006
		AU 2006243197 A1	09-11-2006
		CN 101171049 A	30-04-2008
		CN 101171050 A	30-04-2008
		CN 102921088 A	13-02-2013
		EP 1885425 A1	13-02-2008
		EP 1888158 A2	20-02-2008
		JP 4816727 B2	16-11-2011
		JP 5256023 B2	07-08-2013
		JP 5678875 B2	04-03-2015
		JP 5875940 B2	02-03-2016
		JP 2008539841 A	20-11-2008
		JP 2008539850 A	20-11-2008
		JP 2012086030 A	10-05-2012
		JP 2012187421 A	04-10-2012
		NZ 562500 A	30-06-2011
		NZ 562501 A	29-10-2010
		US 2009314294 A1	24-12-2009
		US 2010018529 A1	28-01-2010
		US 2014007876 A1	09-01-2014
		US 2014041661 A1	13-02-2014
		US 2016175556 A1	23-06-2016
		WO 2006117379 A2	09-11-2006
		WO 2006117591 A1	09-11-2006
JP H04215766 A	06-08-1992	KEINE	