

19



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU103147

12

**BREVET D'INVENTION****B1**

21

N° de dépôt: LU103147

51

Int. Cl.:

A61M 16/00, A61M 16/08, A61M 16/12, A61M 16/22,  
A61M 16/20, A61M 16/10

22

Date de dépôt: 12/06/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):

KREMEIER Peter – Deutschland, LENHARDT Lorenz –  
Deutschland, SCHOBER Andreas – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 12/12/2024

74

Mandataire(s):

LÖWENSTEIN MEDICAL TECHNOLOGY GMBH + CO. KG  
– 22525 Hamburg (Deutschland)

47

Date de délivrance: 12/12/2024

73

Titulaire(s):

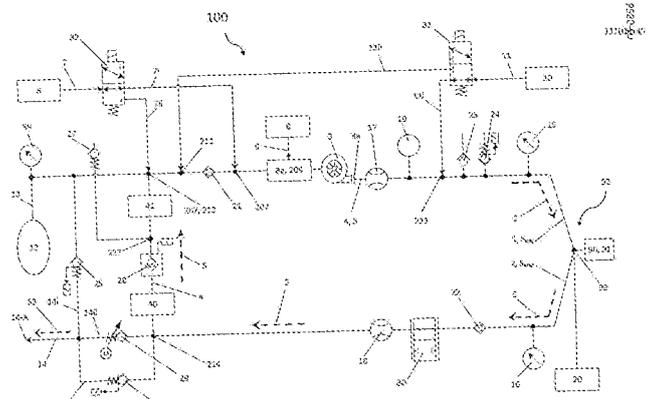
LÖWENSTEIN MEDICAL TECHNOLOGY S.A. – 2557  
Luxembourg (Luxemburg)

54

**Vorrichtung zur Atemgasversorgung.**

57

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Atemgasversorgung mit mindestens einer Atemgasleitung zur Leitung eines Atemgasgemisches, wobei die Atemgasleitung mindestens einen Ausgang umfasst, über den das Atemgasgemisch zumindest teilweise, zumindest zeitweise ableitbar ist, wobei die Atemgasleitung einen inspiratorischen Zweig umfasst, der atemgasleitend zu einem Anschluss für eine Patientenschnittstelle ausgebildet ist, wobei die Atemgasleitung einen expiratorischen Zweig umfasst, der atemgasleitend zwischen dem Anschluss für eine Patientenschnittstelle und dem Ausgang ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Atemgasleitung mindestens ein Sperrventil angeordnet ist, das ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem expiratorischen Zweig zu dem inspiratorischen Zweig herzustellen.



Figur 1

## Vorrichtung zur Atemgasversorgung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Narkotisierung und/oder zur Beatmung. Anästhesie-  
Arbeitsplätze sind üblicherweise so aufgebaut, dass die Atemgase in einen Kreislauf geführt werden  
5 und verbrauchte Gase wie beispielsweise Sauerstoff (O<sub>2</sub>) zugeführt werden und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)  
aus dem Kreislauf entfernt wird. In solch einem Kreislauf können volatile Anästhetika kontrolliert  
zugegeben und abgeschieden werden. Bedingt durch eine Atemgasquelle und Rückschlagventile  
fließen die Gase in einer definierten Richtung. Die Inspirationsluft wird über den inspiratorischen Zweig  
des Atemgaskreislaufs zum Patienten geführt. Nach der Inspiration gelangt die Expirationsluft des  
10 Patienten über den expiratorischen Zweig wieder in das Kreissystem. Sodann wird CO<sub>2</sub> aus der  
Expirationsluft abgetrennt, das Atemgas mit neuen Frischgasen vermischt und wieder dem Patienten  
zugeführt. Üblicherweise wird das CO<sub>2</sub> durch einen chemischen CO<sub>2</sub>-Absorber dem Atemgasgemisch  
entzogen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung bereitzustellen, die sowohl für die  
15 Applikation volatiler Anästhetika als auch für die Beatmung oder für eine Atemunterstützung  
verwendet werden kann und einfach, flexibel und dennoch sicher zu betreiben ist.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einer Vorrichtung des Anspruchs 1. Weiterbildungen und vorteilhafte  
Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche. Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich  
aus der allgemeinen Beschreibung und der Beschreibung der Ausführungsbeispiele.

20 Es ist darauf hinzuweisen, dass die in den Ansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale in beliebiger,  
technisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der  
Erfindung aufzeigen. Die Beschreibung charakterisiert und spezifiziert die Erfindung insbesondere im  
Zusammenhang mit den Figuren zusätzlich.

Die Unteransprüche betreffen verschiedene voneinander unabhängige, vorteilhafte Weiterbildungen  
25 der vorliegenden Erfindung, deren Merkmale vom Fachmann im Rahmen des technisch Sinnvollen frei  
miteinander kombiniert werden können. Dies gilt insbesondere auch über die Grenzen der  
verschiedenen Anspruchskategorien hinaus.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Atemgasversorgung mit mindestens einer Atemgasleitung  
zur Leitung eines Atemgasgemisches, wobei die Atemgasleitung mindestens einen Ausgang umfasst,  
30 über den das Atemgasgemisch zumindest teilweise, zumindest zeitweise ableitbar ist, wobei die  
Atemgasleitung einen inspiratorischen Zweig umfasst, der atemgasleitend zu einem Anschluss für eine  
Patientenschnittstelle ausgebildet ist, wobei die Atemgasleitung einen expiratorischen Zweig  
umfasst, der atemgasleitend zwischen dem Anschluss für eine Patientenschnittstelle und dem Ausgang  
ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Atemgasleitung mindestens ein Sperrventil  
35 angeordnet ist, das ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende  
Verbindung von dem expiratorischen Zweig zu dem inspiratorischen Zweig herzustellen.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Reservoir für das Atemgasgemisch und mindestens ein Gebläse umfasst, das eingerichtet ist, eine Förderenergie für das Atemgasgemisch bereitzustellen, wobei Reservoir und Gebläse in oder an dem inspiratorischen Zweig angeordnet sind.

5 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrventil als Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, die atemgasleitende Verbindung in einer Durchflussrichtung vom expiratorischen Zweig zum inspiratorischen Zweig herzustellen.

10 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrventil als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise die Atemgasleitung in beide Durchflussrichtungen zu sperren.

15 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Steuereinrichtung und mindestens eine Stromquelle, umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrventil eingerichtet ist, bei Bestromung durch die mindestens eine Stromquelle die Atemgasleitung in beide Durchflussrichtungen zu sperren. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrventil eingerichtet ist, bei Bestromung die atemgasleitende Verbindung von dem expiratorischen Zweig zu dem inspiratorischen Zweig zu unterbinden. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch bei Bestromung des Sperrventils aus dem expiratorischen Zweig vollständig über den Ausgang ableitbar ist.

20 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass inspiratorischer Zweig und expiratorischer Zweig ohne Bestromung des Sperrventils zumindest einen ersten Kreislauf ausbilden, in dem das Atemgasgemisch leitbar ist, wobei das Atemgasgemisch über den Ausgang zumindest teilweise ableitbar ist.

25 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein regelbares Druckregelungsventil umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil eingerichtet ist, einen Inspirationsdruck  $P_{insp}$  und/oder einen Expirationsdruck  $P_{exp}$  zu regeln. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil manuell und/oder elektrisch einstellbar ist.

30 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein APL-Ventil zur Regelung des Inspirationsdrucks  $P_{insp}$  umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch über den Ausgang ableitbar ist, wenn der Druck in der Atemgasleitung den inspiratorischen Druck  $P_{insp}$  übersteigt. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das APL-Ventil als regelbar belastetes Rückschlagventil eingerichtet ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das APL-Ventil einen Schrittmotor umfasst, über den das APL-Ventil einstellbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilstellung des APL-Ventils unter Bestromung eingestellt und/oder gehalten wird. In manchen

Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilstellung des APL-Ventils ohne Bestromung auf dem zuletzt eingestellten Wert verbleibt. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das APL-Ventil manuell und/oder elektrisch einstellbar ist.

5 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Druckregelungsventil zur Regelung des Expirationsdrucks  $P_{\text{exp}}$  umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil im expiratorischen Zweig angeordnet ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil zur Regelung eines endexpiratorischen Expirationsdrucks PEEP eingerichtet ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil eingerichtet ist, ohne Bestromung passiv auf einen voreingestellten Expirationsdruck  $P_{\text{exp}}$  zu regeln. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der voreingestellte Expirationsdruck  $P_{\text{exp}}$  des Druckregelungsventil 3 hPa bis 10 hPa beträgt, beispielsweise 5 hPa.

15 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch Frischgas und/oder Sauerstoff  $O_2$  und/oder volatile Anästhetika enthält. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens eine Anästhetika-Zuleitung zur Einleitung von volatilen Anästhetika in die Atemgasleitung umfasst.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass in der Atemgasleitung ein erster Druck anliegt und dass in der Anästhetika-Zuleitung ein zweiter Druck anliegt, wobei der erste Druck kleiner ist als der zweite Druck. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Druck mindestens 100 kPa beträgt, bevorzugt mindestens 180 kPa. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der erste Druck kleiner als 100 kPa ist, bevorzugt kleiner als 50 kPa, besonders bevorzugt kleiner als 10 kPa. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der erste Druck kleiner als 8 kPa ist, bevorzugt kleiner als 5 kPa, besonders bevorzugt kleiner als 3 kPa. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung bei Raumtemperatur betreibbar ist.

30 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die volatilen Anästhetika ausgewählt sind aus der Gruppe: Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane, Halothane, Enflurane, Methoxyflurane. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die volatilen Anästhetika in der Anästhetika-Zuleitung flüssig zu der Atemgasleitung leitbar sind. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die volatilen Anästhetika bei Einleitung in die Atemgasleitung mit einer Verdunstungsrate von 0 bis 2 l/min verdunsten. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sich die verdunsteten volatilen Anästhetika in der Atemgasleitung mit dem Atemgasgemisch vermischen.

- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Sicherheitsventil umfasst, das eingerichtet und ausgebildet ist, die Zufuhr von volatilen Anästhetika zu blockieren. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherheitsventil als Schaltventil ausgebildet ist. In manchen
- 5 Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherheitsventil elektrisch und/oder manuell einstellbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherheitsventil als elektrisch betriebenes Schaltventil ausgebildet ist, wobei das Sicherheitsventil ohne Bestromung eingerichtet ist, die Einleitung von volatilen Anästhetika in das Atemgasgemisch zu blockieren.
- 10 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang mindestens einen Filter umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Filter austauschbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass über den Ausgang abgeleitetes Atemgasgemisch den Filter vollständig
- 15 passiert. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Filter ein Absorptionsmittel ist und/oder ein Absorptionsmittel umfasst und eingerichtet und ausgebildet ist, zumindest volatile Anästhetika und/oder deren Metabolite zu absorbieren. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Filter Aktivkohle umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass am Ausgang ein
- 20 Doppelfilter-System mit einem ersten Filter und einem zweiten Filter angeordnet ist, wobei der zweite Filter in Durchflussrichtung hinter dem ersten Filter angeordnet ist.
- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens einen Sensor umfasst, der im oder am Ausgang angeordnet ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ausgebildet und
- 25 eingerichtet ist, die Konzentration volatiler Anästhetika und/oder deren Metabolite zu erfassen und an die Steuereinrichtung zu übermitteln. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration volatiler Anästhetika und/oder deren Metabolite in Durchflussrichtung zumindest vor und/oder hinter dem ersten Filter erfassbar und an die Steuereinrichtung übermittelbar ist.
- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die
- 30 Steuereinrichtung eingerichtet ist, einen Alarm zu generieren, wenn die Konzentration volatiler Anästhetika und/oder deren Metabolite einen Grenzwert überschreitet.
- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Trennmittel umfasst, das eingerichtet ist, zumindest CO<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch abzutrennen. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Trennmittel ein
- 35 chemisches Trennmittel und/oder ein mechanisches Trennmittel ist.
- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das chemische Trennmittel mindestens ein CO<sub>2</sub>-bindendes Absorptionsmittel enthält, das ausgewählt ist aus der Gruppe: Calciumhydroxid, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Bariumhydroxid, Atemkalk. In manchen

Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das chemische Trennmittel von expiratorischem Atemgas  $exp$  durchströmbar ist, wenn der inspiratorische Zweig und der expiratorische Zweig den Kreislauf ausbilden.

5 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mechanische Trennmittel im expiratorischen Zweig angeordnet ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mechanische Trennmittel benachbart zum Anschluss für eine Patientenschnittstelle ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Trennmittel mindestens einen Diffusionsfilter umfasst, der als semipermeable Membran ausgebildet ist und zumindest für  $CO_2$ -Moleküle durchlässig ist. In manchen

10 Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Diffusionsfilter zumindest für volatile Anästhetika nicht durchlässig ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Trennmittel als Zweikammersystem ausgebildet ist, das mindestens eine erste Kammer und mindestens eine zweite Kammer umfasst, wobei die erste Kammer und die zweite Kammer gasleitend sind und durch den

15 Diffusionsfilter voneinander getrennt sind.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kammer eingerichtet ist, expiratorisches Atemgas  $exp$  aufzunehmen und dass die zweite Kammer eingerichtet ist, ein Sweepgas aufzunehmen, wobei das Sweepgas zumindest eine geringere  $CO_2$ -Konzentration als das expiratorische Atemgas  $exp$  aufweist.

20 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kammer eingerichtet ist, das expiratorische Atemgas  $exp$  in Richtung einer Hauptströmung zu führen, wobei die zweite Kammer eingerichtet ist, das Sweepgas in Richtung einer Sweepgas-Strömung zu führen, wobei die Strömungsrichtung der Hauptströmung entgegengesetzt zur Strömungsrichtung der Sweepgas-Strömung ist.

25 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die  $CO_2$ -Konzentration des Sweepgases bei Einleitung in die zweite Kammer unter 10 %, bevorzugt unter 5 %, besonders bevorzugt 0 % beträgt.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens eine Sweepgas-Zuleitung zur Bereitstellung von Sweepgas für das mechanische

30 Trennmittel umfasst, wobei die Sweepgas-Zuleitung mindestens ein Ventil zur Dosierung von Sweepgas umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Flussrate des Sweepgases größer oder gleich der Flussrate des expiratorische Atemgas  $exp$  ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Flussrate des Sweepgases 0 bis 20 l/min beträgt, bevorzugt 0 bis 10 l/min. In manchen Ausführungsformen ist die

35 Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Flussrate des Sweepgases in Relation zum Minutenvolumen eingestellt wird. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Flussrate des Sweepgases das 1,1 bis 2 fache des Minutenvolumen beträgt, bevorzugt das 1,2 bis 1,5 fache des Minutenvolumens.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Ventil zur Dosierung von Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> umfasst.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Ventil zur Dosierung von volatilen Anästhetika umfasst.

- 5 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierventile ausgewählt sind aus der Gruppe: Nadelventil, Proportionalventil, Schaltventil, Blende, Drosselventil. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierventile als Nadelventile ausgebildet sind. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierventile jeweils mindestens einen Schrittmotor umfassen, über den die
- 10 Dosierventile einstellbar sind. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilstellung der Dosierventile unter Bestromung eingestellt und/oder gehalten wird. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilstellung der Dosierventile ohne Bestromung auf dem zuletzt eingestellten Wert verbleibt und/oder auf eine geöffnete Grundeinstellung fällt. In manchen Ausführungsformen ist die
- 15 Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens einen Sensor zur Erfassung mindestens eines beatmungsspezifischen Parameters umfasst.

- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die beatmungsspezifischen Parameter ausgewählt sind aus der Gruppe: inspiratorischer Patientendruck, inspiratorischer Patientenfluss, inspiratorisches Tidalvolumen, inspiratorisches Minutenvolumen,
- 20 inspiratorische Atemfrequenz, inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische NO-Konzentration, inspiratorische Anästhesiegas-Konzentration; expiratorischer Patientendruck, expiratorischer Patientenfluss, expiratorisches Tidalvolumen, expiratorisches Minutenvolumen, expiratorische Atemfrequenz, expiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische NO-Konzentration, expiratorische Anästhesiegas-Konzentration;
- 25 Gastemperatur, Gasfeuchtigkeit, Frischgasflow, Leckage.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens eine Speichereinheit umfasst, die eingerichtet und ausgebildet ist, zumindest die während der Atemgasversorgung erfassten beatmungsspezifischen Parameter zu speichern.

- In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit
- 30 zur Speicherung von Patientenparametern eingerichtet ist, wobei die Patientenparameter ausgewählt sind aus der Gruppe: Alter, Gewicht, Körpergröße, Body Mass Index (BMI), Vorerkrankungen.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Flussrate des Sweepgases dynamisch an die beatmungsspezifischen Parameter und/oder an die Patientenparameter anpassbar ist.

- 35 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Atemgasleitung einen Bypass umfasst, der vom inspiratorischen Zweig abzweigt und zwischen dem mechanischen Trennmittel und dem Ausgang in den expiratorischen Zweig einmündet. In manchen

Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Bypass eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem inspiratorischen Zweig zu dem expiratorischen Zweig derart herzustellen, dass ein zweiter Kreislauf ausgebildet ist, in dem das Atemgasgemisch leitbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kreislauf zumindest teilweise dem ersten Kreislauf entspricht, wobei der Anschluss für ein Patienteninterface nur im ersten Kreislauf angeordnet ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mechanische Trennmittel nur im ersten Kreislauf angeordnet ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Bypass mindestens ein Bypass-Sperrventil umfasst. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Bypass-Sperrventil als Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, die atemgasleitende Verbindung in einer Durchflussrichtung vom inspiratorischen Zweig zum expiratorischen Zweig zumindest zeitweise herzustellen. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Bypass-Sperrventil als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise den Bypass in beide Durchflussrichtungen zu sperren. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Bypass-Sperrventil eingerichtet ist, bei Bestromung durch die mindestens eine Stromquelle den Bypass in beide Durchflussrichtungen zu sperren.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch ohne Bestromung des Sperrventils und des Bypass-Sperrventils zumindest teilweise in dem zweiten Kreislauf leitbar ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch im ersten Kreislauf mit der Hauptströmung leitbar ist und dass das Atemgasgemisch im zweiten Kreislauf mit einer Bypass-Strömung leitbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptströmung abhängig von den Atemphasen eines zu beatmenden Patienten ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Bypass-Strömung unabhängig von den Atemphasen eines zu beatmenden Patienten ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Bypass-Strömung des zweiten Kreislaufs durch das PEEP-Ventil geleitet wird.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in unterschiedlichen Arbeitsmodi betreibbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in automatischen Arbeitsmodi betreibbar ist, in denen das Gebläse die Förderenergie für das Atemgasgemisch liefert. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in manuellen Arbeitsmodi betreibbar ist, in denen das Reservoir die Förderenergie für das Atemgasgemisch liefert.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Reservoir als Handbeutel ausgebildet ist.

5 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in Arbeitsmodi mit Applikation volatiler Anästhetika und/oder in Arbeitsmodi ohne Applikation volatiler Anästhetika betreibbar ist, wobei das Sicherheitsventil eingerichtet ist, bei Bestromung die Einleitung von volatilen Anästhetika in das Atemgasgemisch zuzulassen und ohne Bestromung die Einleitung von volatilen Anästhetika in das Atemgasgemisch zu blockieren.

10 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in einem Arbeitsmodus betreibbar ist, der ausgewählt ist aus der Gruppe: Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika; Anästhesiemodus mit intravenös verabreichten Anästhetika (TIVA-Modus); Beatmungsmodus mit Anästhetika; Beatmungsmodus ohne Anästhetika, O-Therapie-Modus, High-Flow O-Therapie-Modus (HFOT-Modus), CPAP-Modus, BiLevel-Modus, SIMV-Modus, Notfallmodus.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsmodus manuell und/oder automatisch von der Steuereinheit einstellbar ist.

15 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in einem Notfallmodus ohne Stromzufuhr und/oder stromsparend betreibbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Notfallmodus automatisch eintritt und/oder manuell einstellbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Notfallmodus automatisch eintritt, wenn die Funktionen der Stromquelle

20 und/oder die Steuereinrichtung und/oder das Gebläse eingeschränkt sind oder ausfallen.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch im Notfallmodus zumindest im ersten Kreislauf leitbar ist, wobei das Atemgasgemisch über den Ausgang zumindest teilweise ableitbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Atemgasgemisch im Notfallmodus im zweiten

25 Kreislauf leitbar ist. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Förderenergie für das Atemgasgemisch im Notfallmodus durch das Reservoir bereitgestellt wird.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das APL-Ventil im Notfallmodus auf den zuletzt eingestellten inspiratorischen Druck P<sub>insp</sub> regelt. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Druckregelungsventil im

30 Notfallmodus den Expirationsdruck P<sub>exp</sub> passiv regelt.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das chemische Trennmittel und/oder das mechanische Trennmittel ohne Bestromung aktiv ist.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherheitsventil im Notfallmodus geschlossen ist, wobei das Sicherheitsventil manuell offenbar ist.

35 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierventile im Notfallmodus nicht bestromt sind, so dass die Dosierung von Frischgas und/oder Sauerstoff und/oder

5 volatilen Anästhetika und/oder Sweepgas auf dem zuletzt eingestellten Wert gehalten wird. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil zur Dosierung von Sweepgas im Notfallmodus die Sweepgas-Dosierung auf das 1,2- bis 2-fache des zuletzt eingestellten Minutenvolumens stellt, bevorzugt auf das 1,5-fache. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass dem Atemgasgemisch im Notfallmodus Frischgas und/oder Sauerstoff über die Dosierventile zugeführt werden.

In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Frischgas und/oder der Sauerstoff in jeweils mindestens einer Druckgasflasche bereitgestellt werden, wobei der Druck der Druckgasflaschen die Förderenergie für das Frischgas und/oder den Sauerstoff liefert.

10 In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die volatilen Anästhetika in jeweils mindestens einem Tank bereitgestellt werden, wobei in den Tanks ein Druck anliegt. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in den Tanks mindestens 100 kPa beträgt, bevorzugt mindestens 180 kPa. In manchen Ausführungsformen ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in den Tanks die Förderenergie für das volatile Anästhetikum liefert.

15 In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Einleitung von mindestens einem volatilen Anästhetikum in ein Atemgasgemisch, wobei das Atemgasgemisch in einer Atemgasleitung unter einem ersten Druck stehend geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass das volatile Anästhetikum in einer Anästhetika-Zuleitung unter einem zweiten Druck stehend flüssig zu der Atemgasleitung geleitet wird, wobei der erste Druck kleiner ist als der zweite Druck, wobei das volatile Anästhetikum mit Eintritt in die Atemgasleitung dem ersten Druck ausgesetzt wird und gasförmig wird.

20 In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen ist die erfindungsgemäße Vorrichtung 100 beispielhaft beschrieben. Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden in den nachfolgenden Beschreibungen von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren deutlich. Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt.

25 Die Vorrichtung 100 ist zur Atemgasversorgung ausgebildet. Die Vorrichtung 100 weist eine Beatmungsfunktion und/oder eine Anästhesiefunktion auf. Die Vorrichtung 100 kann somit als Beatmungsgerät oder als Anästhesiegerät verwendet werden. Die Vorrichtung 100 kann auch als Beatmungsgerät und als Anästhesiegerät verwendet werden. Somit kann ein Patient unter Verwendung der Vorrichtung 100 beatmet bzw. in der Atmung unterstützt werden und alternativ oder zusätzlich auch unter Narkose gehalten werden.

35 Unter einem Beatmungsgerät sind sämtliche Geräte zu verstehen, die einen Anwender oder Patienten bei der natürlichen Atmung unterstützen und/oder die Beatmung eines Anwenders oder Patienten übernehmen und/oder einer Atemtherapie dienen und/oder anderweitig auf die Atmung eines Anwenders oder Patienten einwirken. Der hierin verwendete Begriff „Beatmung“ umschließt im Sinne der Erfindung sämtliche Formen der Beatmung, Atemunterstützung oder Atemtherapie. Mitunter fällt unter den Begriff „Beatmung“ hierin auch eine Anästhesie, nämlich stets für den Fall, dass dem Atemgas volatile Anästhetika oder Anästhesiegase beigefügt werden.

Über ein Patienteninterface 91 kann ein Anwender oder Patienten mit der Vorrichtung 100 verbindbar sein. Als Patienteninterface 91 ist im Sinne der Erfindung jegliches Peripheriegerät zu verstehen, welches zur Interaktion mit einem Individuum ausgebildet ist. Das Patienteninterface 91 kann als Trachealtubus oder Trachealkanüle ausgebildet sein. Das Patienteninterface 91 kann auch als Atemmaske, Nasenmaske, Nasenpolstermaske, Nasenbrille bzw. Sauerstoffbrille, Full-Face- oder Totalface-Maske ausgebildet sein. Das Patienteninterface 91 ist bevorzugt derart eingerichtet und ausgebildet, dass eine leckagefreie Zu- und/oder Abführung eines Atemgasgemisches von der Vorrichtung 100 zum Patienten und/oder vom Patienten zur Vorrichtung 100 vollzogen werden kann.

10

Die Figuren zeigen Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Es zeigen:

**Figur 1** einen schematischen Aufbau der Vorrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel

**Figur 1A bis 1G** die Arbeitsweise der Vorrichtung in verschiedenen Arbeitsmodi am Beispiel des ersten Ausführungsbeispiels, wobei

- **Figur 1A** die Vorrichtung in einem ersten Arbeitsmodus für eine manuelle Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika zeigt;
- **Figur 1B** die Vorrichtung in einem zweiten Arbeitsmodus für eine automatische Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika zeigt;
- **Figur 1C** die Vorrichtung in einem dritten Arbeitsmodus für eine manuelle Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika zeigt;
- **Figur 1D** die Vorrichtung in einem vierten Arbeitsmodus für eine automatische Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika zeigt;
- **Figur 1E** die Vorrichtung in einem fünften Arbeitsmodus für eine manuelle Beatmung in einem Akku- und/oder Fehlermodus zeigt;
- **Figur 1F** die Vorrichtung in einem sechsten Arbeitsmodus für einen konstanten Fluss (HFOT) zeigt, wobei optional volatile Anästhetika appliziert werden können;
- **Figur 1G** die Vorrichtung in einem siebten Arbeitsmodus, der einen Servicemodus darstellt, zeigt;

**Figur 2** schematisch einen beispielhaften Aufbau der Zuleitungen

**Figur 3** schematisch einen Ausschnitt aus der Atemgasleitung, in der das Verdunstungselement angeordnet ist, das über die Anästhetika-Zuleitung mit dem Anästhetika-Modul verbunden ist.

**Figur 4** einen schematischen Aufbau der Vorrichtung in einem zweiten Ausführungsbeispiel

**Figur 5** einen schematischen Aufbau des mechanischen Trennmittels mit Diffusionsfilter.

**Figur 1** zeigt einen schematischen Aufbau der Vorrichtung 100 in einem ersten Ausführungsbeispiel. Die erfindungsgemäße Vorrichtung 100 ist zur Atemgasversorgung eingerichtet und umfasst mindestens eine Atemgasleitung 4 zur Leitung eines Atemgasgemisches 5, wobei die Atemgasleitung

4 mindestens einen Ausgang 14-A umfasst, über den das Atemgasgemisch 5 zumindest teilweise, zumindest zeitweise ableitbar ist, wobei die Atemgasleitung 4 einen inspiratorischen Zweig 1 umfasst, der atemgasleitend zu einem Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle ausgebildet ist, wobei die Atemgasleitung 4 einen expiratorischen Zweig 2 umfasst, der atemgasleitend zwischen dem Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle und dem Ausgang 14-A ausgebildet ist. Die Vorrichtung 100 ist dadurch gekennzeichnet, dass in der Atemgasleitung 4 mindestens ein Sperrventil 28 angeordnet ist, das ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem expiratorischen Zweig 2 zu dem inspiratorischen Zweig 1 herzustellen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung 100 kann ein Anästhesie-Arbeitsplatz sein. Die Vorrichtung 100 kann eingerichtet sein, ein Lebewesen zu beatmen und/oder zu narkotisieren. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 100 dazu eingerichtet sein, ein Atemgasgemisch bzw. ein Anästhesiegasgemisch bereitzustellen und/oder zu leiten und/oder aufzubereiten und/oder zu entsorgen. Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, ein Lebewesen maschinell und/oder manuell zu beatmen bzw. zu narkotisieren. Die Vorrichtung 100 umfasst zu diesem Zweck mindestens eine Atemgasleitung 4 und mindestens ein Fortleitungssystem 14.

Die Vorrichtung 100 weist mindestens eine Gebläseeinheit 3 auf. Die Gebläseeinheit 3 ist eingerichtet und ausgebildet, eine Atemgasströmung zur Beatmung und/oder zur Narkotisierung eines Patienten zu erzeugen und gegebenenfalls in Richtung des Patienten zu fördern. Mit der Gebläseeinheit 3 kann ein Atemgasgemisch 5 für eine Beatmung und/oder Narkose gefördert werden. Die Gebläseeinheit 3 kann somit die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefern. Das Atemgasgemisch 5 kann normale Atemluft aus der Umgebung sein oder reiner Sauerstoff O<sub>2</sub> oder mit Sauerstoff O<sub>2</sub> angereicherte Atemluft. Insbesondere kann das Atemgasgemisch 5 auch mindestens ein Anästhetikum A enthalten. Das Atemgasgemisch 5 kann somit insbesondere auch ein Anästhesiegas sein. Die Atemgasströmung kann aus der Umgebungsluft und/oder aus Druckgasflaschen und/oder aus einer zentralen Gasanlage (ZGA) des Krankenhauses gefördert werden (nicht gezeigt).

Die Gebläseeinheit 3 ist bevorzugt als mindestens ein Gebläse (Blower) 3 ausgebildet, das mindestens ein Lüfterrad zur Erzeugung einer Atemgasströmung umfassen kann. Es können in manchen Ausführungsformen auch mehrere Gebläse 3 hintereinander oder parallel zueinander geschaltet sein. Die Vorrichtung 100 kann in alternativen Ausführungsformen statt des Gebläses auch eine andere technische Einheit aufweisen, die eine Atemarbeit bzw. eine Förderenergie für das Atemgasgemisch erzeugen kann. In solch einem Fall kann die Gebläseeinheit 3 zum Beispiel mindestens einen angetriebenen Faltenbalg oder mindestens einen Kolbenmotor umfassen. In einer alternativen Ausführungsform kann die Vorrichtung 100 somit auch mit einem Kolbenmotor mit beispielsweise mehreren Kolben und entsprechenden Ventilen betrieben werden (nicht gezeigt). In bevorzugten Ausführungsformen ist die Gebläseeinheit 3 als mindestens ein Gebläse 3 ausgebildet. Fortan wird die Gebläseeinheit 3 der Einfachheit halber mitunter nur als Gebläse 3 bezeichnet - dies schließt die oben genannten Ausführungsbeispiele mit mehreren Gebläsen, technischen Einheiten, Faltenbälgen oder Kolbenmotoren nicht aus. Zum Betreiben des Gebläses 3 kann die Vorrichtung 100 mindestens einen elektrischen Antrieb umfassen (nicht gezeigt).

Die Vorrichtung 100 kann über mindestens eine hier dargestellte Stromquelle 103,104 mit Strom versorgt werden. Bevorzugt kann die Vorrichtung über eine primäre Stromquelle 103 und alternativ über mindestens eine sekundäre Stromquelle 104 mit Energie versorgt werden. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 100 über einen Netzstecker verfügen und über im Geräteinneren angeordnete  
5 Akkumulatoren und/oder Kondensatoren.

Die Vorrichtung 100 kann über einen Netzstecker an das Versorgungsnetz angeschlossen werden und somit mit Energie versorgt werden. Netzstecker und Versorgungsnetz können sodann als primäre Stromquelle 103 dienen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung über die Akkumulatoren/Kondensatoren mit Energie versorgt werden. Die Akkumulatoren/Kondensatoren  
10 können sodann als sekundäre Stromquelle 104 dienen. Somit kann die Vorrichtung 100 im Netzbetrieb und/oder im Akkubetrieb betrieben werden.

Die Vorrichtung 100 kann mindestens eine Anzeigeeinrichtung umfassen (nicht gezeigt). Die Anzeigeeinrichtung kann als Monitor, beispielsweise als Touchscreen zur Darstellung und/oder Eingabe medizinischer Daten eingerichtet sein. Die Anordnung mehrerer Monitore ist auch möglich.

15 Die Vorrichtung 100 umfasst mindestens eine Steuereinrichtung 101 sowie mindestens eine Speichereinheit 102. Das Gebläse 3 wird über die Steuereinrichtung 101 angesteuert. In der Regel steuert die Steuereinrichtung 101 das Gebläse 3 nach Vorgabe der in der Speichereinheit 102 hinterlegten Konfigurationen.

Beispielsweise stellt die Steuereinrichtung 101 eine bestimmte Drehzahl des Lüfterrades ein  
20 beziehungsweise regelt die Lüfterdrehzahl auf einen Sollwert. Derart kann das Gebläse 3 einen Fluss und/oder einen Druck und/oder ein Volumen von Atemgas vorgeben. In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Gebläse 3 einen definierten Fluss erzeugen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann das Gebläse 3 einen druckunabhängigen Fluss erzeugen. Fluss und Druck können entkoppelt voneinander vorgegeben werden, so dass der Fluss unabhängig vom Druck  
25 erzeugt werden kann. Dies bietet den Vorteil, dass bei Vorgabe des benötigten Flusses unterschiedliche druckkontrollierte Atemmuster konstruiert werden können. Beispielsweise kann der Sollwert des Flusses anhand von Therapievorgaben und/oder Sensorsignalen eingestellt werden.

Die Vorrichtung 100 ist insbesondere eingerichtet und ausgebildet, das Atemgasgemisch 5 in Form eines Patientenflows bereitzustellen. Der Patientenflow dient zur Atemgasversorgung des Patienten.  
30 Der Patientenflow kann in Abhängigkeit zu den Atemphasen des Patienten stehen.

Alternativ oder zusätzlich ist die Vorrichtung 100 eingerichtet und ausgebildet, einen permanenten Byflow bereitzustellen. Der Byflow kann unabhängig von den Atemphasen des Patienten bestehen. Patientenflow und Byflow können parallel zueinander in der Atemgasleitung 4 ausgebildet sein.

Die Vorrichtung 100 umfasst mindestens einen Sensor 15,16,17,18,19,20,39. In einer bevorzugten  
35 Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 100 eine Vielzahl von Sensoren 15,16,17,18,19,20,39 (siehe unten).

Das Gebläse 3 kann adaptiv angesteuert werden. Eine adaptive Ansteuerung kann beispielsweise basierend auf während der Beatmung ermittelten und analysierten Beatmungsparameter erfolgen. Die Speichereinheit 102 ist zur Speicherung von beatmungsrelevanten Parametern eingerichtet. Diese beatmungsrelevanten Parameter können während der Atemgasversorgung erfassten  
5 beatmungsspezifischen Parameter 110 sein und/oder in der Speichereinheit 102 hinterlegte Patientenparameter 111. Die Patientenparameter 111 können im Vorfeld ermittelt werden. Die Patientenparameter 111 können auch während der Beatmung ermittelt werden. Die hinterlegten Patientenparameter 111 können ausgewählt sein aus der Gruppe: Alter, Geschlecht, Gewicht, Körpergröße, Vorerkrankungen, Körperfettanteil, Body Mass Index (BMI), Ideal Body Weight (BWI),  
10 Gesundheitszustand, Ernährungszustand, Stoffwechsel des Patienten, Tidalvolumen, Indirekte Kalorimetrie und ähnliche.

Das Gebläse 3 umfasst mindestens einen Gebläseausgang 3a. Über den Gebläseausgang 3a entlässt das Gebläse 3 das Atemgasgemisch 5 in die mindestens eine Atemgasleitung 4. Über die Atemgasleitung 4 wird das Atemgasgemisch 5 gefördert. Hierbei gibt das Gebläse 3 eine  
15 Hauptströmung 5 des Atemgasgemisches 5 vor, deren Richtung in Figur 1 mit gestrichelten Linien angedeutet dargestellt ist. Die Atemgasleitung 4 umfasst einen inspiratorischen Zweig 1. Zudem kann die Atemgasleitung 4 einen expiratorischen Zweig 2 umfassen. Die Atemgasleitung 4 kann zudem eine Reservoir-Leitung 13 umfassen.

Der inspiratorische Zweig 1 kann zumindest atemgasleitend zu einem Anschluss 93 für eine  
20 Patientenschnittstelle ausgebildet sein. Der expiratorische Zweig 2 kann zumindest atemgasleitend zwischen dem Anschluss 93 für die Patientenschnittstelle und zumindest einem Ausgang 14-A ausgebildet sein. An dem Anschluss 93 kann ein Patienteninterface angeschlossen werden, über das eine Verbindung zu einem Patienten 90 herstellbar ist.

Die Reservoir-Leitung 13 kann als Bestandteil des inspiratorischen Zweigs 1 angesehen werden. Über  
25 die Reservoir-Leitung 13 steht das Reservoir 12 mit der Atemgasleitung 4 pneumatisch in Verbindung. Gase aus dem Reservoir 12 können an mindestens einem Reservoir-Einspeisepunkt 213 eingeleitet werden. Die Atemgasleitung 4 kann pneumatisch mit dem Fortleitungssystem 14 zur Fortleitung des Atemgasgemisches 5 verbunden sein.

Die Atemgasleitung 4 mit seinem inspiratorischen Zweig 1 und seinem expiratorischen Zweig 2 kann  
30 zumindest teilweise im Gerät ausgebildet sein. Die Atemgasleitung 4 mit seinem inspiratorischen Zweig 1 und seinem expiratorischen Zweig 2 kann auch zumindest teilweise außerhalb des Gerätes ausgebildet sein, beispielsweise in einem Schlauchsystem.

In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß der Figuren umfasst die Atemgasleitung 4 die Reservoir-  
35 Leitung 13, den inspiratorischen Zweig 1, den expiratorischen Zweig 2, die pneumatisch miteinander in Verbindung stehen. Die Atemgasleitung 4 steht zudem mit dem Fortleitungssystem 14 in pneumatischer Verbindung.

Zur Einleitung der Atemgase und/oder Anästhetika zur Bereitstellung des Atemgasgemisches 5 steht die Atemgasleitung 4 mit mindestens einer Frischgas-Zuleitung 7 und/oder mit mindestens einer O<sub>2</sub>-

Flush-Zuleitung 11 und/oder mit mindestens einer Anästhetika-Zuleitung 9 und/oder einer Stickoxid-Zuleitung 44 pneumatisch in Verbindung. Die Zuleitungen 7,9,11,44 münden hierbei in der Regel in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 ein. Über die Zuleitungen 7,9,11,44 werden Atemgase und/oder Anästhetika in die Atemgasleitung 4 eingespeist. Über Rückschlagventile in den Zuleitungen 7,9,11,44 ist gewährleistet, dass das Atemgasgemisch nicht über die Zuleitungen 7,9,11,44 abgeleitet werden kann.

Das Gebläse 3 ist bevorzugt in dem inspiratorischen Zweig 1 angeordnet. Das Gebläse 3 ist bevorzugt stromabwärts nach dem expiratorischen Zweig 2 angeordnet. Im inspiratorischen Zweig 1 wird in der Regel inspiratorisches Atemgas  $S_{insp}$  gefördert. In den inspiratorischen Zweig 1 kann Frischgas und/oder Sauerstoff und/oder Anästhetika eingeleitet werden. Im inspiratorischen Zweig kann zumindest das Gebläse 3 angeordnet sein zur Vorgabe der Atemgasströmung  $S$ . Über den inspiratorischen Zweig 1 kann das inspiratorische Atemgas  $S_{insp}$  über die Patientenschnittstelle zum Patienten 90 gefördert werden.

Im expiratorischen Zweig 2 wird in der Regel expiratorisches Atemgas  $S_{exp}$  gefördert. Der Patient kann expiratorisches Atemgas  $S_{exp}$  über die Patientenschnittstelle in den expiratorischen Zweig 2 abgeben. Über den expiratorischen Zweig 2 kann das expiratorische Atemgas  $S_{exp}$  vom Patienten weggeleitet werden. Über den expiratorischen Zweig 2 kann das expiratorische Atemgas  $S_{exp}$  zu einer Vorrichtung 40 zur Abscheidung von zumindest  $CO_2$  gefördert werden. Der expiratorische Zweig 2 kann sich zumindest von der Patientenschnittstelle zum Trennmittel 40, 60 erstrecken.

Die Hauptströmung  $S$  des Atemgasgemisches 5 kann vom Gebläseausgang 3a entlang des inspiratorischen Zweiges 1 zu einem Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle verlaufen. Von dem Anschluss 93 kann das Atemgasgemisch 5 entlang des expiratorischen Zweiges 2 wieder zum inspiratorischen Zweig 1 verlaufen. Beispielsweise kann das Atemgasgemisch 5 entlang des expiratorischen Zweiges 2 zum hier nicht näher dargestellten Gebläseeingang des Gebläses 3 verlaufen. So kann das Atemgas in mindestens einem - im Wesentlichen - geschlossenen ersten Kreislauf K1 verbleiben.

Inspiratorischer Zweig 1 und expiratorischer Zweig 2 können somit zumindest den ersten Kreislauf K1 ausbilden, in dem das Atemgasgemisch 5 leitbar ist. Hierbei kann das Atemgasgemisch 5 über den Ausgang 14-A zumindest teilweise ableitbar sein. Das Atemgasgemisch 5 kann im ersten Kreislauf K1 mit der Hauptströmung  $S$  leitbar sein. Im Kreislauf K1 kann neben einem Patientenflow vorteilhafterweise auch ein permanenter Byflow fließen.

Der Byflow bietet den Vorteil, dass das Gebläse 3 im Betrieb nicht angehalten werden muss. Das Gebläse 3 dreht sich stets mit einer Mindestdrehzahl. Durch den Byflow herrscht in der Atemgasleitung 4 ein permanenter Fluss.

An dem Anschluss 93 kann ein Patienteninterface 91 angeschlossen werden, über das der Patient mit dem Atemgasgemisch 5 versorgt wird. Über den inspiratorischen Zweig 1 kann das Atemgasgemisch 5 dem Patienten 90 zugeführt werden. Dafür weist die Vorrichtung 100 mindestens eine Schnittstelle zum Koppeln eines Schlauchsystems 92 auf. Über das Schlauchsystem 92 kann dem Patienten 90 das

Atemgasgemisch 5 zugeführt werden. Zu diesem Zwecke kann an das Schlauchsystem 92 ein Patienteninterface 91 angeschlossen werden.

Das Schlauchsystem 92 kann ein Zweischlauchsystem sein und mindestens einen Inspirationsschlauch sowie mindestens einen Expirationsschlauch aufweisen. In diesem Falle kann der Patient 90 über den Inspirationsschlauch des Schlauchsystems 92 und das Patienteninterface 91 mit dem Atemgasgemisch 5 versorgt werden und über den Expirationsschlauch des Schlauchsystems 92 ausatmen. Somit kann das Ausatemgas über den Expirationsschlauch in die Vorrichtung 100 rückgeführt werden und es kann mindestens ein geschlossener Kreislauf bestehen. Ein geschlossener Kreislauf besteht, wenn das Ausatemgas – nach einer Aufbereitung – wieder für die Inspiration verwendet wird. Bei Verwendung eines Zweischlauchsystems kann der Anschluss 93 als Y-Stück ausgebildet sein, über dem der Inspirationsschlauch und der Expirationsschlauch verbindbar sind.

In manchen Ausführungsformen kann das Schlauchsystem 92 auch ein Einschlauchsystem sein und nur einen Inspirationsschlauch aufweisen. In dem Falle kann der Patient 90 über das Schlauchsystem 92 und das Patienteninterface 91 mit dem Atemgasgemisch 5 versorgt werden und in die Umgebung ausatmen. So kann ein offener Kreislauf ohne einen expiratorischen Zweig bestehen.

In manchen Ausführungsformen kann das Schlauchsystem 92 auch ein Zweischlauchsystem sein und einen Inspirationsschlauch und einen Expirationsschlauch aufweisen, ohne dass das Atemgas in einem geschlossenen Kreislauf verläuft. Dieses System wird hierin als halboffener Kreislauf bezeichnet. Ein halboffener Kreislauf bedeutet im Sinne der Erfindung, dass der Patient 90 über den Inspirationsschlauch des Schlauchsystems 92 und das Patienteninterface 91 mit dem Atemgasgemisch 5 versorgt werden und über den Expirationsschlauch des Schlauchsystems 92 ausatmen kann, wobei das Ausatemgas über den Expirationsschlauch an die Umgebung abgegeben wird.

Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, je nach Verwendung der Schlauchsystems und je nach Einstellungen in der Vorrichtung 100 einen geschlossenen Kreislauf und/oder einen halboffenen Kreislauf und/oder einen offenen Kreislauf auszubilden. Die Vorrichtung 100 ist somit flexibel einzusetzen, da die Atemgasleitung 4 einen geschlossenen Kreislauf und/oder einen halboffenen Kreislauf und/oder einen offenen Kreislauf ausbilden kann. Je nach Anwendungsfall kann zwischen einem geschlossenen und einem halboffenen und einem offenen Kreislauf gewechselt werden.

Ein geschlossener Kreislauf bedeutet im Sinne der Erfindung, dass das Atemgasgemisch 5 in der Hauptströmung 5 in einem Kreislauf geführt wird, wobei Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Anästhetika und/oder andere Gase oder Gasbestandteile oder Stoffe zugeführt oder entzogen werden können.

In der Lunge des Patienten findet ein Gasaustausch statt. Sauerstoff (O<sub>2</sub>) wird in das Blut aufgenommen und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wird abgeschieden. Der Patient entzieht dem Kreislauf somit Gas oder Gasbestandteile und fügt dem Kreislauf neue und/oder veränderte Gase oder Gasbestandteile zu. Somit müssen aus dem im Kreislauf geführten Atemgasgemisch in der Regel permanent Gase oder Gasbestandteile abgeführt und/oder zugeführt werden. Beispielsweise können Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Anästhetika und/oder andere Gase verbrauchsabhängig nachgeführt werden. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und/oder andere unerwünschte Gasbestandteile können dem Kreislauf entzogen

werden. Somit können die Gasbestandteile definiert eingesetzt und/oder entzogen und entsorgt werden.

Die Steuereinrichtung 101 und/oder ein Anwender kann hierbei die Anteile der Bestandteile des Atemgasgemisches 5 regeln / steuern. Hierzu wird Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Anästhetika und/oder CO<sub>2</sub> eingeleitet oder abgeleitet bzw. abgetrennt.

Die Vorrichtung 100 kann mindestens einen Anschluss PAUX für pneumatisches Zubehör umfassen (nicht gezeigt). Bevorzugt umfasst die Vorrichtung 100 mehr als einen Anschluss, beispielsweise zwei oder drei oder 4 oder mehr. Die Anschlüsse PAUX können eingerichtet und ausgebildet sein, beatmungs- und/oder anästhesierelevante Zubehöre an die Vorrichtung 100 anzuschließen. Diese Zubehöre können ausgewählt sein aus der Gruppe: Larynxmaske, Trachealtubus, Cuff, Ösophaguskatheter, Blasenkathe-  
10 ter. Diese Zubehöre können ihre Funktion mit Hilfe eines Ballons ausführen, der über die PAUX-Anschlüsse mit Fluss und/oder Druck und/oder Volumen versorgt werden kann. Die PAUX-Anschlüsse können derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass die Funktionen der angeschlossenen Zubehöre automatisch geprüft werden können. Zu diesem Zweck  
15 kann die Vorrichtung 100 ausgebildet sein, den PAUX-Anschlüssen einen Fluss und/oder Druck zuzuführen oder abzuführen. Ferner können Sensoren auf die PAUX-Anschlüsse geschaltet werden, um die Funktionalität der Zubehöre zu überprüfen.

Um die Gaszusammensetzung des Atemgasgemisches 5 zu überwachen kann die Vorrichtung 100 mindestens einen Sensor 19 umfassen. Der mindestens eine Sensor 19 ist in und/oder an der Atemgasleitung 4 angeordnet. Der Sensor 19 kann beispielsweise die Sauerstoffkonzentration und/oder die CO<sub>2</sub>-Konzentration (Kapnometrie) und/oder die Konzentration einer oder mehrerer Anästhetika und/oder die Feuchte erfassen. Der Sensor 19 kann demnach als Sauerstoffsensor und/oder CO<sub>2</sub>-Sensor und/oder Anästhesiegassensor und/oder als Feuchtesensor ausgebildet sein.

Die Vorrichtung 100 kann alternativ oder zusätzlich auch einen Multigas-Sensor 20 umfassen. Der Multigas-Sensor 20 ist eingerichtet und ausgebildet, unterschiedliche Gasbestandteile parallel zu erfassen. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 100 mindestens einen Multigas-Sensor 20.

Die Sensoren 19 und/oder der Multigas-Sensor 20 sind an mindestens einer Stelle der Atemgasleitung 4 angeordnet. Die Sensoren 19 und/oder der Multigas-Sensor 20 erfassen die Gaszusammensetzung des Atemgasgemisches 5. Die Sensoren 19 und/oder der Multigas-Sensor 20 können im inspiratorischen Zweig 1 und/oder im expiratorischen Zweig 2 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein.

In einer beispielhaften Ausführungsform gemäß den Figuren kann mindestens ein Multigas-Sensor 20 direkt vor dem Patienten an oder nahe bei der Patientenschnittstelle angeordnet sein. Beispielsweise kann der Multigas-Sensor 20 mit dem Y-Stück 93 des Schlauchsystems 92 verbunden sein. Der Multigas-Sensor 20 kann am Y-Stück 93 ein Probegas abnehmen, um inspiratorische und expiratorische Werte messen zu können.

In manchen Ausführungsformen kann ein Umschaltventil am Multigas-Sensor 20 vorgesehen sein, um die Konzentration der Anästhetika direkt an der Verdunstungsstelle der Anästhetika messen zu können. Das hat einen Sicherheitsaspekt, wenn das Anästhetikum gewechselt werden muss. Man kann es aber auch zur Beschleunigung der Regelung der Konzentration des Anästhetikums verwenden. Das ist von Vorteil, da das gesamte Gasvolumen von Gerät und Lunge sehr groß ist (8 - 9 Liter) und das Anästhetikum eingemischt werden muss.

In manchen Ausführungsformen können die Sensoren 19 auch an mehreren Stellen der Atemgasleitung 4 angeordnet sein, um die Gaszusammensetzung des Atemgasgemisches 5 detailliert zu überwachen. Beispielsweise können CO<sub>2</sub>-Sensoren und/oder O<sub>2</sub>-Sensoren vor und nach dem Patienten sowie vor und nach einer Vorrichtung zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung angeordnet sein, nämlich einem chemischen Trennmittel 40 und/oder einem mechanischen Trennmittel 60 (siehe unten). Dadurch kann die Funktionsweise der Trennmittel 40,60 überwacht werden.

In einer beispielhaften Ausführungsform gemäß den Figuren kann mindestens ein Sauerstoff-Sensor 19 direkt nach dem Gebläse 3 angeordnet sein und die Sauerstoff-Konzentration erfassen.

Die Steuerung bzw. Regelung der Bestandteile des Atemgasgemisches 5 erfolgt durch die Steuereinrichtung 101. Hierbei können hinterlegte Anweisungen und/oder voreingestellte Therapiebedingungen und/oder Anwendervorgaben und/oder die erfassten Sensorsignale berücksichtigt werden. Die Anwendervorgaben können manuell über einen Anwender wie beispielsweise durch medizinisches Fachpersonal erfolgen. Die Anwendervorgaben können im Vorfeld erfolgen und/oder unter der Beatmung/Narkose.

Die Steuereinrichtung 101 berücksichtigt insbesondere die erfassten Sensorsignale. Insbesondere werden die Sensorsignale des mindestens einen CO<sub>2</sub>-Sensors 19 und/oder O<sub>2</sub>-Sensors 19 und/oder Anästhesiegassensors 19 und/oder Multigas-Sensors 20 berücksichtigt. So kann die Steuereinrichtung 101 in der Lage sein, die Bestandteile des Atemgasgemisches 5 adaptiv an die jeweilige Situation unter der Beatmung oder unter der Narkose anzupassen.

In der Regel geht das Atemgasgemisch 5, nachdem es die Sensoren 19 bzw. den Multigas-Sensor 20 durchströmt hat und vermessen wurde, zurück in den Kreislauf der Atemgasleitung 4. Es ist jedoch auch möglich, dass dem Kreislauf Atemgasgemisch 5 entnommen wird, um es auf seine Gasbestandteile hin zu untersuchen, ohne dass das Gas anschließend in den Kreislauf zurückgeführt wird. Dies kann von Vorteil sein, um die Auswertung der Messsignale sensibler zu gestalten.

Die Vorrichtung kann bevorzugt mindestens einen Flowsensor 17,18 und/oder mindestens einen Drucksensor 15,16,39 umfassen. Die Vorrichtung 100 kann mindestens einen inspiratorischen Flowsensor 17 umfassen. Der mindestens eine inspiratorische Flowsensor 17 kann beispielsweise stromabwärts von dem Gebläse 3 im inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist der inspiratorische Flowsensor 17 zwischen dem Gebläse 3 und der O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 angeordnet. Der inspiratorische Flowsensor 17 ist eingerichtet und ausgebildet mindestens einen inspiratorischen Fluss (Flow) zu messen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens einen inspiratorischen Drucksensor 15 umfassen. Der mindestens eine inspiratorische Drucksensor 15 kann beispielsweise stromabwärts von dem Gebläse 3 im inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist der inspiratorische Drucksensor 15 direkt vor dem Patienten 90 bzw. der Patientenschnittstelle angeordnet. Der inspiratorische Drucksensor 15 ist eingerichtet und ausgebildet mindestens einen inspiratorischen Druck zu messen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens einen Drucksensor 39 umfassen. Der Drucksensor 39 kann beispielsweise in oder an der Reservoir-Leitung 13 angeordnet sein. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist der Drucksensor 39 benachbart zum Reservoir 12 in der Reservoir-Leitung 13 angeordnet. Der Drucksensor 39 ist eingerichtet und ausgebildet mindestens einen Druck des Reservoirs 12 zu messen. Über den Drucksensor 39 kann der Beuteldruck des Reservoirs 12 erfasst werden. Der Drucksensor 39 kann die erfassten Druckwerte der Steuereinrichtung 101 übermitteln, um den Druck des Reservoirs 12 zu überwachen.

Weiterhin kann die Vorrichtung 100 mindestens einen expiratorischen Flowsensor 18 umfassen. Der mindestens eine expiratorische Flowsensor 18 kann beispielsweise im expiratorischen Zweig 2 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Der expiratorische Flowsensor 18 ist eingerichtet und ausgebildet mindestens einen expiratorischen Fluss (Flow) zu messen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens einen expiratorischen Drucksensor 16 umfassen. Der mindestens eine expiratorische Drucksensor 16 kann beispielsweise im expiratorischen Zweig 2 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist der expiratorische Drucksensor 16 direkt nach dem Patienten 90 bzw. der Patientenschnittstelle angeordnet. Der expiratorische Drucksensor 16 ist eingerichtet und ausgebildet mindestens einen expiratorischen Druck zu messen.

Die Flowsensoren 17, 18 und/oder Drucksensoren 15, 16, 39 und/oder Sensoren 19, 20 sind als Messeinrichtungen ausgebildet und erfassen wenigstens einen beatmungsspezifischen Parameter 110 die ausgewählt sind aus der Gruppe: inspiratorischer Patientendruck, inspiratorischer Patientenfluss, inspiratorisches Tidalvolumen, inspiratorisches Minutenvolumen, inspiratorische Atemfrequenz, inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische N<sub>2</sub>O-Konzentration, inspiratorische Anästhesiegas-Konzentration; expiratorischer Patientendruck, expiratorischer Patientenfluss, expiratorisches Tidalvolumen, expiratorisches Minutenvolumen, expiratorische Atemfrequenz, expiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische N<sub>2</sub>O-Konzentration, expiratorische Anästhesiegas-Konzentration; Gastemperatur, Gasfeuchtigkeit, Leckage oder ähnliches. Die zu erfassenden beatmungsspezifischen Parameter 110 sind nicht auf diese Beispiele beschränkt.

Die Steuereinrichtung 101 ist eingerichtet und ausgebildet, die Wirkungsweise der Vorrichtung 100 in Abhängigkeit von ermittelten und analysierten Beatmungsparametern adaptiv zu regeln.

Dabei können auch Messwerte und Parameter von Zubehören wie beispielsweise Cuff-Druck (Dichtmanschette Tubus), Druck eines Magen oder Blasenkatheters, Druck der Dichtung der Larynx-Maske, Leckage, Resistance, Beuteldruck oder ähnliches erfasst und einbezogen werden.

5 Auf Basis dieser beatmungsspezifischen Parameter 110 kann die Steuereinrichtung 101, die in Kommunikation mit den Messeinrichtungen steht, die technischen Beatmungsparameter festlegen und insbesondere auch adaptiv anpassen. Die technischen Beatmungsparameter umfassen neben dem Druck oder Fluss oder Volumen auch die Zufuhr von Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Anästhetika.

10 Auf Basis der Messeinrichtungen kann auch eine mögliche Leckage detektiert werden und der Steuereinrichtung 101 übermittelt werden. Die Vorrichtung 101 kann einen Alarmgeber umfassen, der bei der Detektion einer Leckage ein Alarmsignal auslösen kann.

15 Die Vorrichtung 100 kann über mindestens ein Reservoir 12 und mindestens eine Reservoir-Leitung 13 verfügen. Das Reservoir 12 kann beispielsweise als Handbeutel ausgebildet sein. Das Reservoir 12 kann alternativ oder zusätzlich auch als Atembalg ausgebildet sein. Das Reservoir 12 kann die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefern. Das Reservoir 12 kann insbesondere manuell durch einen Anwender betätigt werden. Beispielsweise kann ein Anwender das Reservoir 12 durch Zusammendrücken betätigen, so dass eine Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 bereitgestellt wird.

20 Das Reservoir 12 ist unter anderem dazu eingerichtet und ausgebildet, zum Zwecke der Drucküberwachung bzw. des Druckausgleichs ein Volumen für das Atemgasgemisch 5 bereitzustellen. Dazu steht das Reservoir 12 über die Reservoir-Leitung 13 pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Das Reservoir 12 kann sowohl als Druckquelle als auch als Drucksenke dienen. Das Reservoir 12 kann auch sowohl als Volumenquelle als auch als Volumensenke dienen.

25 Die Reservoir-Leitung 13 ist derart eingerichtet, dass eine Strömung des Atemgasgemisches 5 in Richtung zum Reservoirs 12 hin möglich ist. Die Reservoir-Leitung 13 ist zudem auch derart eingerichtet, dass eine Strömung des Atemgasgemisches 5 in Richtung vom Reservoirs 12 weg möglich ist. Bei einer Inspiration kann das Reservoir 12 als Druck- und/oder Volumenquelle dienen. Bei einer Expiration kann das Reservoir 12 als Druck- und/oder Volumensenke dienen.

30 Das Reservoir 12 umfasst beispielsweise mindestens das Volumen eines Atemzuges. Beispielsweise umfasst das Reservoir 12 mindestens 250 ml, bevorzugt mindestens 500 ml, besonders bevorzugt mindestens 1 Liter. In einem konkreten Ausführungsbeispiel umfasst das Reservoir zwischen 1 Liter und 5 Liter, beispielsweise zwischen 2 Liter und 2,5 Liter.

35 Das Reservoir 12 ist unter anderem dazu eingerichtet und ausgebildet, dem Gebläse 3 ein Volumen zur Förderung Verfügung zu stellen. Ein Großteil des zum Patienten 90 geförderten Atemzugvolumens kann aus dem Reservoir 12 über das Gebläse 3 zum Patienten 90 gefördert werden. Bei der Atmung des Patienten 90 findet ein Gasaustausch in der Lunge statt, durch den sich das Volumen je Atemzug verringert. Daher muss dem geschlossenen Kreislauf stets Volumen hinzugefügt werden, um zumindest den veratmeten Sauerstoff zu ersetzen.

In manchen Ausführungsformen kann zumindest eine der O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11 der Vorrichtung 100 derart angeordnet sein, dass das Reservoir 12 direkt mit Sauerstoff gefüllt werden kann. Dies kann eine zusätzliche Sicherheitsstufe bilden, da derart das Reservoir 12 schnell und direkt mit einer großen Menge an Sauerstoff und/oder einem Sauerstoffgemisch gefüllt werden kann. Dies kann insbesondere vorteilhaft sein, wenn die Vorrichtung 100 in einem TIVA-Modus und/oder einem HFOT-Modus betrieben wird.

In manchen Ausführungsformen kann die Vorrichtung 100 mindestens einen Drucksensor 39 umfassen. Der Drucksensor 39 kann eingerichtet und ausgebildet sein, den Druck des Reservoirs 12 zu erfassen. Der Drucksensor 39 ist bevorzugt in oder an der Reservoir-Leitung 13 angeordnet. Der Drucksensor 39 kann eingerichtet und ausgebildet sein, den Druck des Reservoirs 12 zu erfassen und an die Steuereinrichtung 101 zu übermitteln. Über den Drucksensor 39 kann der Füllzustand des Reservoirs 12 erfasst und überwacht werden.

In der Steuereinrichtung 101 kann ein maximaler und/oder ein minimaler Druck des Reservoirs 12 hinterlegt sein. Fällt der Druck im Reservoir 12 unter ein kritisches Niveau und/oder steigt der Druck im Reservoir 12 über ein kritisches Niveau kann eine Aktion ausgelöst werden. Beispielsweise kann ein Alarm ausgelöst werden. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 100 einen Alarmgeber umfassen, der von der Steuereinrichtung 101 gesteuert wird (nicht gezeigt). Der Alarm kann der Steuereinrichtung 101 und/oder dem Benutzer, also dem medizinischen Fachpersonal, signalisieren, dass der Druck im Reservoir 12 erhöht bzw. erniedrigt werden muss.

Bei Unterschreitung des minimalen Drucks des Reservoirs 12 kann in dem Reservoir 12 Druck aufgebaut werden. Beispielsweise kann das Frischgas-Modul 6 und/oder der O<sub>2</sub>-Flush 10 derart angesteuert oder betätigt werden, dass Frischgas und/oder Sauerstoff in das Reservoir 12 eingeleitet wird, um den Druck im Reservoir 12 zu erhöhen.

Bei Überschreitung des maximalen Drucks des Reservoirs 12 kann Druck aus dem Reservoir 12 abgelassen werden. Zu diesem Zwecke steht die Reservoir-Leitung 13 pneumatisch mit dem Fortleitungssystem 14 in Verbindung. Das Fortleitungssystem kann mindestens ein Überlaufventil 25 umfassen, über das Druck aus dem Reservoir 12 abgegeben werden kann. So kann eine Überfüllung des Reservoirs 12 verhindert werden.

Die Vorrichtung 100 kann das mindestens eine Fortleitungssystem 14 umfassen, über das überschüssige Gase, beispielsweise überschüssiges Atemgasgemisch 5 abgeleitet werden kann. Das Fortleitungssystem 14 kann eingerichtet und ausgebildet sein, zum Zwecke der Drucküberwachung bzw. des Druckausgleichs zumindest einen Teil des Atemgasgemisch 5 abzuleiten. Das Fortleitungssystem 14 kann auch eingerichtet und ausgebildet sein, die Sauerstoff- und/oder Anästhetika-Konzentration des Atemgasgemisches 5 zu regulieren.

Das Fortleitungssystem 14 ist als gasführende Leitung ausgebildet und steht pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Das Fortleitungssystem 14 umfasst mindestens einem Ausgang 14-A. Das Fortleitungssystem 14 kann ein oder mehrere Leitungen umfassen, die alle in demselben Ausgang 14-A münden (siehe Figur 1). Mehrere Leitungen mit mehreren Ausgängen 14-A sind auch möglich

(nicht gezeigt). Über das Fortleitungssystem 14 kann Atemgasgemisch 5 mit einer Strömung S3 fortgeleitet werden. Die Richtung der Strömung S3 verläuft stets von der Atemgasleitung 4 in Richtung Ausgang 14-A.

In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 umfasst das Fortleitungssystem 14 beispielhaft drei Leitungen, nämlich die erste Leitung 14i, die zweite Leitung 14ii und die dritte Leitung 14iii. Die Leitungen 14i, 14ii, 14iii stehen jeweils pneumatisch zumindest mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung und münden jeweils in den Ausgang 14-A. Derart kann das Atemgasgemisch 5 auf mindestens drei unterschiedlichen Wegen aus der Atemgasleitung 4 abgeleitet werden. Mehrere Leitungen und mehrere Ausgänge 14-A sind denkbar. Die Vorrichtung 100 ist nicht auf die abgebildeten Ausführungsbeispiele beschränkt.

Über den Ausgang 14-A kann das Atemgasgemisch 5 in die Umgebung abgeleitet werden oder im Kreislauf verbleiben. Das Fortleitungssystem 14 kann dazu optional eine hier nicht gezeigte Pumpe aufweisen, die abgeleitetes Atemgasgemisch 5 vom Ausgang 14-A über eine nicht gezeigte Leitung wieder zum Frischgas-Modul 6 leiten kann.

Der Ausgang 14-A kann mindestens einen Filter 94 umfassen (nicht gezeigt). In bevorzugten Ausführungsformen kann der Ausgang 14-A ein Doppelfilter-System umfassen. Mehrere Filter 94 sind auch denkbar. Die Filter 94 sind bevorzugt austauschbar am Ausgang 14-A angeordnet. Über die Filter 94 am Ausgang 14-A können die abgeleiteten Atemgase gefiltert werden, so dass potenziell umwelt- oder gesundheitsschädliche Stoffe daran gehindert werden, ungefiltert an die Umgebung abzugehen.

Der Filter 94 kann beispielsweise Aktivkohle umfassen. Aktivkohle kann als Absorptionsmittel für volatile Anästhetika und/oder deren Metabolite und/oder andere Stoffe fungieren. Die Filter 94 können somit als Aktivkohlefilter ausgebildet sein, mit denen volatile Anästhetika VA und/oder deren Metabolite und/oder andere potenziell umwelt- oder gesundheitsschädliche Stoffe aus dem abgeleiteten Atemgasgemisch 5 gefiltert werden können. Durch Absorption reichern sich die aufgenommenen Substanzen in der Aktivkohle an, bis sie ausgetauscht bzw. gereinigt werden muss, um die Filtereigenschaft wieder herzustellen.

Im oder am Ausgang 14-A kann in bevorzugten Ausführungsformen mindestens ein Sensor 95 angeordnet sein (nicht gezeigt). Bevorzugt ist der Sensor 95 in Strömungsrichtung hinter dem Filter 94 angeordnet. Der Sensor 95 kann beispielsweise als optischer Sensor ausgebildet sein und eingerichtet sein, die Anästhetika-Konzentration den abgeleiteten Atemgasgemisches 5 zu erfassen und/oder an die Steuereinrichtung 101 zu übermitteln. Derart können somit die Filtereigenschaften der Aktivkohlefilter ermittelt werden.

Im oder am Ausgang 14-A kann in einer beispielhaften Ausführungsform ein erster Filter 94i und ein zweiter Filter 94ii angeordnet sein. Der erste Filter 94i und der zweite Filter 94ii können ein Doppelfilter-System mit Magazin-Funktion ausbilden, das einen Austritt von Anästhetika effektiv verhindern kann. Bei einem Doppelfilter-System können beispielsweise zwei Aktivkohlefilter hintereinander angeordnet sein. Sensoren 95 können vor und/oder hinter einem ersten Filter 94i angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich können auch vor und/oder hinter dem zweiten Filter 94ii

Sensoren angeordnet sein. Die Sensoren können sodann die jeweiligen die Anästhetika-Konzentrationen vor und hinter den Filtern erfassen. Wenn die Anästhesiegaskonzentration hinter dem ersten Filter über einen vordefinierten Grenzwert ansteigt, kann der zweite Filter das Atemgasgemisch weiterhin filtern.

- 5 Ein derartiges Doppelfiltersystem mit Sensor bietet den Vorteil, dass der erste Filter erst ausgetauscht werden muss, wenn er nachweisbar keine Anästhetika mehr aus dem Atemgas filtern kann. Der zweite Filter gewährleistet immer noch die effektive Filterung des Atemgasgemisches. Kosten für die Entsorgung und Filtermaterial können eingespart werden.

Das Fortleitungssystem 14 kann somit eingerichtet und ausgebildet sein, das Anästhesiegas  
10 kontrolliert zu entsorgen und/oder wieder aufzubereiten für eine erneute Verwendung.

Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, das Atemgasgemisch 5 in einem geschlossenen Kreislauf führen zu können. Dies bietet den Vorteil, dass die zumeist umwelt- und klimaschädlichen  
15 volatilen Anästhetika VA im System verbleiben und nicht unkontrolliert an die Umgebung abgegeben werden. Des Weiteren ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung 100 einen sparsamen und somit kostengünstigen Einsatz von Anästhetika, da nicht verbrauchte Anästhetika nicht in die Umgebung  
abgegeben, sondern wiederverwertet werden können.

Da die Expirationsluft des Patienten 90 in der Atemgasleitung 4 des geschlossenen Kreislaufs  
20 verbleibt, besteht die Notwendigkeit, dem Atemgasgemisch 5 Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu entziehen. Daher verfügt die Vorrichtung 100 über mindestens ein Trennmittel 40, 60 zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch 5.

In einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 umfasst die Vorrichtung das mindestens eine  
25 Trennmittel 40. Das Trennmittel 40 kann als chemischer CO<sub>2</sub>-Absorber ausgebildet sein. Das Trennmittel 40 kann somit ein oder mehrere chemisch wirkende Absorptionsmittel enthalten, die CO<sub>2</sub> binden. Das Trennmittel 40 wird hierin auch als chemisches Trennmittel 40 bezeichnet. Das Trennmittel 60 wird hierin auch als mechanisches Trennmittel 60 bezeichnet (siehe unten).

Chemische Absorptionsmittel können ausgewählt sein aus der Gruppe: Calciumhydroxid,  
30 Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Bariumhydroxid. Beispielsweise wird eine Mischung aus einer oder mehreren dieser Komponenten in Form von Atemkalk verwendet, durch den das Atemgasgemisch 5 nach der Expiration geleitet wird. Bei der chemischen Reaktion zwischen den chemischen Absorptionsmitteln und CO<sub>2</sub> wird das CO<sub>2</sub> gebunden und Wasser (H<sub>2</sub>O) entsteht. Die Reaktion ist exotherm, so dass sich Temperaturen zwischen 60 und 70°C entwickeln können. Die chemischen Absorptionsmittel binden zum Teil auch Anästhetika, so dass eine Kontrolle der Anästhetika-Konzentration nach dem Trennmittel 40 erfolgen sollte, damit das Anästhetikum verbrauchsabhängig  
35 nachdosiert werden kann. Die CO<sub>2</sub>-Bindung des chemischen Trennmittel 40 ist sehr sensitiv und auch bei sehr geringen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen des Atemgasgemisches 5 aktiv.

Da bei der chemischen Absorption von CO<sub>2</sub> im chemischen Absorber Wasser ausfällt, ist das Atemgasgemisch 5 nachdem es das chemische Trennmittel 40 durchlaufen hat mit H<sub>2</sub>O angereichert.

Aus diesem Grund kann die Vorrichtung 100 ein Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 umfassen. Das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 ist eingerichtet und ausgebildet, die Feuchtigkeit des Atemgasgemisches 5 zu regeln. Das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 kann beispielsweise als Kältefalle eingerichtet sein und ein Wasserreservoir enthalten, in dem überschüssiges, ausfallendes Wasser aufgefangen und entsorgt werden kann.

Optional kann die Vorrichtung 100 ein oder mehrere Feuchtigkeits-Sensoren umfassen (nicht gezeigt). Feuchtigkeits-Sensoren sind insbesondere dann von Vorteil, wenn die Vorrichtung 100 mit einem chemischen Trennmittel 40 betrieben wird. Die Feuchtigkeits-Sensoren können eingerichtet und ausgebildet sein, die Feuchtigkeit des Atemgasgemisches 5 zu bestimmen und eine Rückmeldung an die Steuereinrichtung 101 und/oder das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 zu geben. Die Feuchtigkeits-Sensoren können bevorzugt im inspiratorischen Zweig 1 angeordnet sein und die Feuchtigkeit im inspiratorischen Atemgasgemisch 5 bestimmen.

Zur Einleitung von Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Anästhetika kann die Vorrichtung 100 mindestens ein Modul 6, 8, 10 aufweisen. Die Module 6, 8, 10 stehen jeweils über mindestens eine Zuleitung 7, 9, 11 mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Die Zuleitungen können mit der Atemgasleitung 4 pneumatisch in Verbindung stehen, wobei die Zuleitungen permanent geöffnet sein können oder über Ventile geregelt geöffnet und/oder geschlossen werden können. Die Module 6, 8, 10 können als Druck- und/oder Volumenquelle dienen und die Atemgasleitung 4 als Druck- und/oder Volumensenke.

Die Vorrichtung 100 kann mindestens ein Frischgas-Modul 6 und mindestens eine Frischgas-Zuleitung 7 umfassen. Über die Frischgas-Zuleitung 7 kann dem Atemgasgemisch 5 Frischgas beigelegt werden. Die Frischgas-Zuleitung 7 steht zu diesem Zwecke pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Das Frischgas kann an mindestens einem Frischgas-Einspeisepunkt 207 eingeleitet werden.

Frischgas umfasst im Sinne der Erfindung jegliches Fluid, Atemgas und/oder Gasgemisch, welches sich zur Atmung, Beatmung und/oder Atemtherapie eignet und eingesetzt werden kann. Frischgas kann beispielsweise geförderte Umgebungsluft sein oder ein Gasgemisch aus der Umgebungsluft und einem Zusatzgas oder ein Zusatzgas allein sein. Das Frischgas kann aus der Umgebungsluft direkt gefördert werden und/oder aus Druckgasflaschen und/oder aus einer zentralen Gasanlage (ZGA) des Krankenhauses bezogen werden. Frischgas kann auch Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherte Luft sein. In manchen Ausführungsformen kann das Frischgas auch mindestens ein Narkosegas enthalten.

Die Frischgas-Zuleitung 7 mündet in der Regel in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 ein. Das Frischgas kann stromaufwärts vor dem Gebläse 3 oder stromabwärts nach dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden.

Über das Frischgas-Modul 6 kann ein Sauerstoffhaltiges Gasgemisch und/oder Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden, um die Sauerstoff-Konzentration des Atemgasgemisches 5 aufrechtzuerhalten bzw. kontrolliert zu halten. In der Atemgasleitung 4 wird das Atemgasgemisch 5

gefördert, so dass dieses über das Frischgas-Modul 6 mit Frischgas beliefert und somit mit Sauerstoff angereichert werden kann.

Die Steuerung bzw. Regelung des Sauerstoffgehaltes des Atemgasgemisches 5 erfolgt durch die Steuereinrichtung 101. Die Steuerung bzw. Regelung des Sauerstoffgehaltes des Atemgasgemisches 5 kann automatisch anhand der erfassten Sensorsignale erfolgen. Die Steuerung bzw. Regelung des Sauerstoffgehaltes des Atemgasgemisches 5 kann insbesondere auch manuell durch einen Anwender wie beispielsweise durch medizinisches Fachpersonal erfolgen. So kann das medizinische Fachpersonal dem Patienten unter der Beatmung und/oder Narkose jederzeit bedarfsabhängig Frischgas bzw. Sauerstoff zuführen.

10 Die Sauerstoff-Einleitung kann derart geregelt werden, dass die Sauerstoff-Konzentration des Atemgasgemisches 5 in der Regel in einem Bereich zwischen 10 und 60 % liegt, bevorzugt zwischen 20 und 50%. Eine Sauerstoffsättigung von 40 bis 50 % kann in der Regel für eine dauerhafte Beatmung und/oder Anästhesie verwendet werden.

15 In bevorzugten Ausführungsformen gemäß den Figuren wird das Frischgas stromaufwärts vor dem Gebläse 3 in das Atemgasgemisch 5 eingeleitet. Die mindestens eine Frischgas-Zuleitung 7 mündet sodann stromaufwärts vor dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4.

20 In manchen Ausführungsformen kann das Frischgas an mehr als an einer Stelle in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden, beispielsweise an mindestens zwei Stellen. Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 derart eingerichtet sein, dass das Frischgas-Modul 6 über mindestens zwei Zuleitungen 7i, 7ii mit der Atemgasleitung 4 verbunden sein kann.

In der konkreten Ausführungsform gemäß Figur 1 kann sich die Frischgas-Zuleitung 7 in mindestens zwei Frischgas-Zuleitungen 7i, 7ii aufteilen, nämlich beispielsweise eine erste Frischgas-Zuleitung 7i und eine zweite Frischgas-Zuleitung 7ii.

25 Die erste Frischgas-Zuleitung 7i und die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii können pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 verbunden sein. Die erste Frischgas-Zuleitung 7i und die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii können bevorzugt an unterschiedlichen Stellen in die Atemgasleitung 4 einmünden.

In manchen Ausführungsformen können die Frischgas-Zuleitungen 7i, 7ii jeweils gleichzeitig Frischgas in die Atemgasleitung einleiten (nicht gezeigt).

30 In bevorzugten Ausführungsformen können die Frischgas-Zuleitungen 7, 7i, 7ii über mindestens ein Frischgas-Schaltventil 32 derart geregelt werden, dass jeweils nur eine der Frischgas-Zuleitungen 7i oder 7ii Frischgas in die Atemgasleitung einleiten kann.

Über die Frischgas-Schaltventile 32 kann geregelt werden, über welche der Frischgas-Zuleitungen 7, 7i, 7ii Frischgas in die Atemgasleitung 4 eingeleitet wird. Über die Frischgas-Schaltventile 32 kann somit der Ort der Einspeisung von Frischgas in die Atemgasleitung 4 geregelt werden.

Die Frischgas-Schaltventile 32 können elektronisch und/oder mechanisch geschaltet werden. Die Frischgas-Schaltventile 32 können automatisch durch die Steuereinrichtung 101 und/oder manuell durch den Anwender geschaltet werden.

Das Frischgas-Schaltventil 32 kann als monostabiles oder als bistabiles Wegeventil ausgebildet sein. In bevorzugten Ausführungsformen ist das Frischgas-Schaltventil 32 als monostabiles Wegeventil ausgebildet. Beispielsweise umfasst das Frischgas-Schaltventil 32 eine Magnetspule und eine Feder, mit deren Wechselspiel das Ventil geschaltet werden kann. Eine Bestromung der Magnetspule leitet das Ventil 32 aktiv in eine erste Schaltstellung. Stromlos ist die Magnetspule inaktiv, so dass die Feder relaxiert und das Ventil in die zweite Schaltstellung bringt. Stromlos befindet sich das Ventil 32 in seiner Grundstellung. Aus Figur 1 wird ersichtlich, dass Frischgas über die erste Frischgas-Zuleitung 7i eingeleitet wird, wenn sich das Ventil 32 in seiner Grundstellung befindet, also stromlos ist. Die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii wird bedient, wenn das Ventil 32 unter Strom steht.

In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist das Frischgas-Modul 6 mit der Frischgas-Zuleitung 7 verbunden. Die Frischgas-Zuleitung 7 ist mit dem Frischgas-Schaltventil 32 verbunden. Das Frischgas-Schaltventil 32 kann beispielsweise als 2/3 Wegeventil ausgebildet sein und somit drei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen aufweisen. Das Frischgas-Schaltventil 32 kann sodann zudem mit der ersten Frischgas-Zuleitung 7i als auch mit der zweiten Frischgas-Zuleitung 7ii verbunden sein und je nach Schaltstellung entweder die erste Frischgas-Zuleitung 7i oder die zweiten Frischgas-Zuleitung 7ii mit Frischgas aus dem Frischgasmodul 6 beliefern.

In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 münden die erste Frischgas-Zuleitung 7i und die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii an unterschiedlichen Stellen in die Atemgasleitung 4. Somit kann die Vorrichtung 100 eingerichtet sein, den Ort der Frischgas-Einleitung in die Atemgasleitung 4 zu regeln.

Beispielsweise kann die erste Frischgas-Zuleitung 7i in Strömungsrichtung vor dem ersten Rückschlagventil 21 in die Atemgasleitung 4 einmünden. Beispielsweise kann die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii in Strömungsrichtung nach dem ersten Rückschlagventil 21 in die Atemgasleitung 4 einmünden. Beispielsweise kann die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii insbesondere zwischen dem ersten Rückschlagventil 21 und dem Verdunstungselement 8a in die Atemgasleitung 4 einmünden (Figur 1).

In alternativen Ausführungsbeispielen ist auch denkbar, dass die Vorrichtung 100 statt des einen 2/3-Frischgas-Wegeventils 32 mindestens zwei 2/2-Frischgas-Wegeventile umfasst. Beispielsweise kann die erste Frischgas-Zuleitung 7i ein erstes Frischgas-Wegeventil umfassen, das als 2/2-Wegeventil mit zwei Anschlüssen und zwei Schaltstellungen ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii ein zweites Frischgas-Wegeventil umfassen, das ebenfalls als 2/2-Wegeventil mit zwei Anschlüssen und zwei Schaltstellungen ausgebildet sein kann (nicht gezeigt).

Sodann können die 2/2-Wegeventile von der Steuereinrichtung 101 derart parallel geschaltet werden, dass entweder die erste Frischgas-Zuleitung 7i oder die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii geöffnet werden kann, um Frischgas in das Atemgasgemisch 5 einzuleiten.

Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens ein Sauerstoff-Modul 10 umfassen. Das Sauerstoff-Modul 10 kann als O<sub>2</sub>-Flush 10 ausgebildet sein und mindestens eine O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 umfassen. Über die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 kann Sauerstoff O<sub>2</sub> oder ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden. Die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 steht zu diesem Zwecke pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Der Sauerstoff kann an mindestens einem O<sub>2</sub>-Flush-Enspeisepunkt 211 eingeleitet werden.

Der Sauerstoff kann aus Druckgasflaschen und/oder aus einer zentralen Gasanlage (ZGA) des Krankenhauses bezogen werden. Bevorzugt ist die Vorrichtung 100 an die zentrale Gasanlage (ZGA) angeschlossen und weist zusätzlich Anschlüsse an mindestens eine Druckgasflasche auf. Somit kann der Sauerstoff entweder aus der zentralen Gasanlage (ZGA) oder aus Druckgasflaschen bezogen werden. Dadurch kann die Sauerstoffversorgung bei einem Ausfall der zentralen Gasversorgung über die Druckgasflaschen zumindest über einen gewissen Zeitraum gewährleistet sein.

Der O<sub>2</sub>-Flush 10 kann ausgebildet und eingerichtet sein, dass ein Anwender, beispielsweise medizinisches Fachpersonal, die Atemgasleitung 4 (das Kreisteil) und/oder das Reservoir 12 zügig mit Sauerstoff füllen kann.

Der O<sub>2</sub>-Flush 10 kann verwendet werden, um:

- die nach einer Leckage leergelaufene Atemgasleitung 4 und/oder das Reservoir 12 wieder zu füllen
- Anästhetika aus der Lunge des Patienten auszuwaschen
- Den Patienten für eine gewisse Zeit mit reinem Sauerstoff zu beatmen

Insbesondere ist der O<sub>2</sub>-Flush des Sauerstoff-Moduls 10 dazu ausgebildet und eingerichtet, die Atemgasleitung 4 und/oder das Reservoir 12 und/oder die Lunge des Patienten in Notfallsituationen schnell mit Sauerstoff zu fluten. Die Flussrate des Sauerstoffs bzw. des sauerstoffhaltigen Gasgemisches kann hierbei beispielsweise 60 l/min betragen. Die Flussrate ist vorteilhafter Weise besonders groß, damit Atemgasleitung 4 und/oder das Reservoir 12 nach einer Leckage schnell wieder gefüllt werden können und/oder das Anästhetikum rasch ausgespült werden kann.

Ein Leerlaufen der Atemgasleitung 4 und/oder des Reservoirs 12 durch eine Leckage kann bewusst oder unbewusst auftreten, beispielsweise nach einem Schlauchwechsel, einem Filterwechsel, einem Sensoraustausch oder einem unsachgemäßen Gebrauch des Schlauchsystems 92 oder des Patienteninterfaces 91. In solchen Fällen kann der Verlust an Atemgasgemisch 5 in der Atemgasleitung 4 und/oder des Reservoirs 12 nicht schnell genug mit dem normalen Frischgasfluss wieder aufgefüllt werden. Der O<sub>2</sub>-Flush bietet sodann eine schnelle Möglichkeit, die Atemgasleitung 4 und/oder das Reservoir 12 wieder mit einem atembaren Gas zu füllen.

Ferner können Patienten über den O<sub>2</sub>-Flush bedarfsabhängig zumindest für eine kurze Zeit, beispielsweise für einige Atemzüge, mit unverdünntem Sauerstoff beatmet werden. Über den O<sub>2</sub>-Flush kann der Patient mit mindestens 90%igem Sauerstoff versorgt werden, bevorzugt mit

mindestens 93%igem Sauerstoff. Über den O2-Flush des Sauerstoff-Moduls 10 kann der Sauerstoff unverdünnt in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden; so wie er aus der Versorgung (nämlich der zentralen Gasanlage oder der Druckgasflasche) kommt.

Die Sauerstoff-Einleitung über den O2-Flush 10 kann derart geregelt werden, dass die Sauerstoff-  
5 Konzentration des Atemgasgemisches 5 zumindest für eine definierte kurze Zeitspanne bis zu 100% beträgt. Eine Beatmung mit bis zu 100% Sauerstoff über eine kurze Zeitspanne kann unter einer Operation notwendig sein. Beispielsweise wird ein Patient bei Einleitung einer Narkose kurzzeitig mit bis zu 100% Sauerstoff beatmet.

Die Sauerstoff-Einleitung über den O2-Flush 10 kann auch derart geregelt werden, dass die Sauerstoff-  
10 Konzentration des Atemgasgemisches 5 zumindest für eine definierte kurze Zeitspanne beispielsweise mindestens 60% beträgt. Eine Sauerstoffsättigung von 60 % oder mehr, bevorzugt 80% oder mehr, besonders bevorzugt mindestens 90% kann verwendet werden, um Anästhetika auszuspülen. Unter einer Operation kann es vorkommen, dass die Anästhetika schnell aus dem Körper des Patienten entfernt werden müssen, beispielsweise bei einer allergischen Reaktion des Patienten auf die  
15 Anästhetika, beispielsweise bei Auftreten einer malignen Hyperthermie. Die schnelle Entfernung von Anästhetika aus der Lunge des Patienten kann über eine Flutung mit reinem oder hochkonzentriertem Sauerstoff erfolgen. Eine solche Sauerstoff-Flutung der Lunge des Patienten kann die Anästhetika-Konzentration rasch senken.

Die O2-Flush-Zuleitung 11 kann in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 einmünden. Der  
20 Sauerstoff kann stromaufwärts vor dem Gebläse 3 oder stromabwärts nach dem Gebläse 3 eingeleitet werden. In bevorzugten Ausführungsformen gemäß den Figuren kann der Sauerstoff stromabwärts nach dem Gebläse 3 in das Atemgasgemisch 5 eingeleitet werden. Die O2-Flush-Zuleitung 11 mündet sodann stromabwärts nach dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4. Dies bietet den Vorteil, dass das mit Sauerstoff angereicherte Atemgasgemisch 5 nicht durch das Gebläse 3 geleitet wird, was eine  
25 erhöhte Sicherheit bietet. Eine zu hohe Sauerstoffkonzentration im Gebläse 3 kann zu Komplikationen führen wie beispielsweise einem Kurzschluss, Brand oder Schädigung einzelner Komponenten des Gebläses 3. In manchen Ausführungsformen können mehrere O2-Flush-Zuleitungen 11 umfasst sein, die an unterschiedlichen Stellen in die Atemgasleitung 4 einmünden können.

In manchen Ausführungsformen kann über den O2-Flush 10 an mehr als an einer Stelle Sauerstoff in  
30 die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden, beispielsweise an mindestens zwei Stellen. Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 derart eingerichtet sein, dass der O2-Flush 10 über mindestens zwei O2-Flush-Zuleitungen 11i, 11ii mit der Atemgasleitung 4 verbunden sein kann.

In bevorzugten Ausführungsformen gemäß den Figuren kann der O2-Flush stromaufwärts vor dem  
35 Gebläse 3 und/oder stromabwärts nach dem Gebläse 3 in das Atemgasgemisch 5 eingeleitet werden. Die mindestens eine O2-Flush-Zuleitung 11 mündet sodann stromaufwärts vor dem Gebläse 3 und/oder stromabwärts nach dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4.

In manchen Ausführungsformen kann der Sauerstoff des O2-Flushes 10 an mehr als an einer Stelle in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden, beispielsweise an mindestens zwei Stellen. Beispielsweise

kann die Vorrichtung 100 derart eingerichtet sein, dass der O<sub>2</sub>-Flush 10 über mindestens zwei O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11i, 11ii mit der Atemgasleitung 4 verbunden sein kann.

In der konkreten Ausführungsform gemäß Figur 1 kann sich die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 in mindestens zwei O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11i, 11ii aufteilen, nämlich beispielsweise in eine erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i und eine zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii.

Die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i und die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii können pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 verbunden sein. Die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i und die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii können bevorzugt an unterschiedlichen Stellen in die Atemgasleitung 4 einmünden.

In manchen Ausführungsformen können die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11i, 11ii jeweils gleichzeitig Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 einleiten (nicht gezeigt).

In bevorzugten Ausführungsformen können die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11, 11i, 11ii über mindestens ein O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 derart geregelt werden, dass jeweils nur eine der O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11i oder 11ii Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 einleiten kann. Über die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 kann geregelt werden, über welche der O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11, 11i, 11ii Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 eingeleitet wird. Über die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 kann somit der Ort der Einspeisung von Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 geregelt werden.

Das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 kann als monostabiles oder als bistabiles Wegeventil ausgebildet sein. In bevorzugten Ausführungsformen ist das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 wie das Frischgas-Schaltventil 32 als monostabiles Wegeventil mit Magnetspule und Feder ausgebildet. Eine Bestromung der Magnetspule leitet das Ventil 31 aktiv in eine erste Schaltstellung. Stromlos ist die Magnetspule inaktiv, so dass die Feder relaxiert und das Ventil in die zweite Schaltstellung bringt. Stromlos befindet sich das Ventil 31 in seiner Grundstellung.

Die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 können elektronisch und/oder mechanisch geschaltet werden. Die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 können automatisch durch die Steuereinrichtung 101 und/oder manuell durch den Anwender geschaltet werden. Insbesondere können die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 manuell geschaltet werden, so dass ein Anwender (medizinisches Fachpersonal) bedarfsabhängig Sauerstoff zuführen kann und auch den Ort der Einspeisung in die Atemgasleitung 4 festlegen kann.

Aus Figur 1 wird ersichtlich, dass Sauerstoff über die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i eingeleitet wird, wenn sich das Ventil 31 in seiner Grundstellung befindet, also stromlos ist. Die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii wird bedient, wenn das Ventil 32 unter Strom steht.

In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist der O<sub>2</sub>-Flush 10 mit der O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 verbunden. Die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 ist mit dem O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 verbunden. Das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 kann beispielsweise als 2/3 Wegeventil ausgebildet sein und somit drei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen aufweisen. Das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 kann sodann zudem mit der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i als auch mit der zweiten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii verbunden sein und je nach Schaltstellung entweder die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i oder die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii mit Sauerstoff aus dem O<sub>2</sub>-Flush 10 beliefern.

In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 münden die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i und die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii an unterschiedlichen Stellen in die Atemgasleitung 4. Somit kann die Vorrichtung 100 eingerichtet sein, den Ort der Sauerstoff-Einleitung in die Atemgasleitung 4 zu regeln.

- 5      Beispielsweise kann die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in Strömungsrichtung nach dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4 einmünden. In manchen Ausführungsbeispielen kann es besonders vorteilhaft sein, wenn die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11. möglichst Patienten-nah in die Atemgasleitung 4 einmündet.

Beispielsweise kann die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii in Strömungsrichtung vor dem Gebläse 3 in die Atemgasleitung 4 einmünden. Beispielsweise kann die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii in  
10      Strömungsrichtung vor dem ersten Rückschlagventil 21 in die Atemgasleitung 4 einmünden (Figur 1).

In alternativen Ausführungsbeispielen ist auch denkbar, dass die Vorrichtung 100 statt des einen 2/3-Wegeventils 31 mindestens zwei 2/2-Wegeventile 31 umfasst (nicht gezeigt). Beispielsweise kann die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i ein erstes O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil umfassen, das als 2/2-Wegeventil mit zwei Anschlüssen und zwei Schaltstellungen ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann die zweite O<sub>2</sub>-  
15      Flush-Zuleitung 11ii ein zweites O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil umfassen, das ebenfalls als 2/2-Wegeventil mit zwei Anschlüssen und zwei Schaltstellungen ausgebildet sein kann.

Sodann können die beiden 2/2-Wegeventile von der Steuereinrichtung 101 derart parallel geschaltet werden, dass entweder die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i oder die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii geöffnet werden kann, um Sauerstoff des O<sub>2</sub>-Flushes in das Atemgasgemisch 5 einzuleiten.

- 20      Die Vorrichtung 100 kann optional ein separates Stickoxid-Modul 43 und mindestens eine Stickoxid-Zuleitung 44 umfassen (nicht gezeigt). Stickoxide, beispielsweise Lachgas N<sub>2</sub>O, können beispielsweise verwendet werden, um die Narkose zu verstärken und/oder Schmerzen zu lindern. Lachgas N<sub>2</sub>O kann somit zusätzlich zu dem mindestens einem volatilen Anästhetikum verabreicht werden. Das Stickoxid-Modul 43 kann in der Vorrichtung parallel und äquivalent zu dem Frischgas-Modul 6 und/oder dem  
25      Sauerstoff-Modul 10 eingerichtet und angeordnet sein. Das Stickoxid-Modul 43 kann eine separate Stickoxid-Zuleitung 44 aufweisen. In manchen Ausführungsformen kann das Stickoxid (Lachgas) auch zusammen mit dem Frischgas und/oder den anderen Anästhetika in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden. Die Stickoxid-Zuleitung 44 kann ein weiteres Sicherheitsventil aufweisen, um die Stickoxidkonzentration zu überwachen. In Falle eines Ausfalls des Sauerstoff-Moduls 10 und/oder des  
30      Frischgas-Moduls 6 kann über das weitere Sicherheitsventil die Stickoxid-Zufuhr schnell und zuverlässig unterbunden werden.

Die Zuleitungen, insbesondere die Frischgas-Zuleitung 7, die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 und die Stickoxid-Zuleitung 44, können jeweils mindestens ein Element umfassen, um die Funktionalität und die Sicherheit der Zuleitungen 7,11,44 zu Gewährleisten. Die Elemente können einfach oder mehrfach  
35      umfasst sein und in ihrer Anordnung variieren. Die Zuleitungen 7,11,44 können identisch aufgebaut sein oder untereinander variieren. Insbesondere die Frischgas-Zuleitungen 7, die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11 und die Stickoxid-Zuleitungen 44 können prinzipiell nahezu identisch aufgebaut sein.

**Figur 2** zeigt schematisch einen beispielhaften Aufbau der Zuleitungen 7,11,44,71.

Der Sauerstoff und/oder das sauerstoffhaltige Gasgemisch und/oder das Frischgas und/oder das Stickoxid können jeweils aus mindestens einer Bezugsquelle 89 bezogen werden. Bevorzugt sind aus Gründen der Sicherheit jeweils mindestens zwei Bezugsquellen 89 umfasst. Beispielsweise können der Sauerstoff und/oder das sauerstoffhaltige Gasgemisch und/oder das Frischgas und/oder das Stickoxid aus jeweils mindestens einer Druckgasflasche 89 und/oder aus einer Gasanlage, beispielsweise einer Zentralen Gasanlage ZGA eines Krankenhauses, bezogen werden und jeweils über die Zuleitungen 7, 11, 44 in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden.

10 Frischgas, Sauerstoff und Stickoxid können in vorteilhaften Ausführungsbeispielen sowohl aus einer ZGA als auch aus Druckflaschen 89 bezogen werden. In diesem Falle umfasst die Vorrichtung 100 mindestens zwei Zuleitungen 7,11,44. Somit kann Sauerstoff über eine erste Zuleitung 11 aus einer ZGA und optional über eine zweite Zuleitung 11 aus einer Druckgasflasche 89 in den Atemgasweg 4 eingespeist werden. Entsprechend kann Frischgas über eine erste Zuleitung 7 aus einer ZGA und optional über eine zweite Zuleitung 7 aus einer Druckgasflasche 89 in den Atemgasweg 4 eingespeist werden. Entsprechend kann Stickstoff über eine erste Zuleitung 44 aus einer ZGA und optional über eine zweite Zuleitung 44 aus einer Druckgasflasche 89 in den Atemgasweg 4 eingespeist werden. Hierbei kann die Steuereinrichtung 101 die Zuleitungen 7,11,44 derart steuern, dass die jeweilige Einspeisung aus der ZGA priorisiert wird. Eine Gaseinspeisung aus den Druckgasflaschen 89 wird erst aktiviert, wenn die ZGA ausfällt oder aus anderen Gründen nicht mehr verwendet werden soll oder kann. Die Druckgasflaschen 89 können somit beispielsweise als Reserve für eine Notfallsituation verwendet werden. Die Anordnung mehrerer Druckgasflaschen 89 ist ebenfalls denkbar.

25 In den Zuleitungen 7,11,44 kann jeweils mindestens ein Filter 82 angeordnet sein. Die Filter 82 sind eingerichtet und ausgebildet, aus dem eingeleiteten Fluid mögliche Feststoff-Partikel herauszufiltern. Die Filter 82 sind als optionales Sicherheitselement eingerichtet. Die Filter 82 können bevorzugt stromabwärts direkt nach den Bezugsquellen 89 angeordnet sein. Optional und zusätzlich können in oder an den Zuleitungen 7,11,44 zudem Wasserabscheider und/oder Ölabscheider angeordnet sein (nicht gezeigt).

30 In oder an den Zuleitungen 7,11,44 kann jeweils mindestens ein Sensor 84,85 angeordnet sein. Die Sensoren 84, 85 können eingerichtet und ausgebildet sein, den Druck und/oder das Volumen und/oder den Fluss in den Zuleitungen 7,11,44 zu erfassen bzw. zu kontrollieren. Beispielsweise kann in den Zuleitungen 7,11,44 mindestens jeweils ein Drucksensor 84 angeordnet sein. Die Drucksensoren 84 können erfassen, wieviel Druck und/oder Volumen aus den Druckgasflaschen 89 entnommen wird. Über die Drucksensoren 84 kann der Füllstand der Druckgasflaschen 89 überwacht werden und an die Steuereinrichtung 101 übermittelt werden. Fällt der Füllstand unter ein kritisches Niveau kann ein Alarm ausgelöst werden. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung einen Alarmgeber umfassen, der von der Steuereinrichtung 101 gesteuert wird (nicht gezeigt).

Die Drucksensoren 84 können bevorzugt stromabwärts direkt nach den Druckgasflaschen 89 und den Filter 82 angeordnet sein.

Beispielsweise kann in den Zuleitungen 7,11,44 mindestens jeweils ein Flowsensor 85 angeordnet sein. Die Flowsensoren 85 können den Gasfluss in den Zuleitungen 7,11,44 erfassen. Über die Flowsensoren 85 kann der Fluss in den Zuleitungen 7,11,44 überwacht werden und an die Steuereinrichtung 101 übermittelt werden. Die Flowsensoren 85 können bevorzugt stromabwärts direkt vor der Einmündung  
5 in die Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Mit Hilfe der Flowsensoren 85 kann eine Feinregelung des Flows realisiert werden.

In oder an den Zuleitungen 7,11,44 kann jeweils mindestens ein Druckregulator 80 und/oder eine Stenose 81 angeordnet sein. Der Druckregulator 80 kann als Druckminderer 80 ausgebildet sein. Der Druckminderer 80 und/oder die Stenose 81 kann eingerichtet sein, den Druck aus den Bezugsquellen  
10 89 derart zu regeln, dass der Druck sicher unterhalb des kleinsten spezifizierten Versorgungsdruckes liegt. Die Versorgungsdrücke der Zentralen Gas-Versorgungen und der Druckgasflaschen können stark variieren. Die Dosierventile für die Gase brauchen aber einen konstanten Vordruck, da ihre Kennlinie davon abhängt. Deshalb regeln die Druckregulatoren 80 und/oder die Stenosen 81 die Drücke auf einen Wert, der sicher unterhalb des kleinsten spezifizierten Versorgungsdruckes liegt. So können die  
15 Dosierventile immer gleich arbeiten.

In den Druckgasflaschen 89 können Drücke bis circa 20 MPa bestehen. Die Druckminderer 80 und/oder die Stenosen 81 sind eingerichtet und ausgebildet, den Druck aus den Druckgasflaschen 89 auf mindestens die Hälfte, bevorzugt mindestens ein Viertel, besonders bevorzugt mindestens ein Zehntel des ursprünglich in den Druckgasflaschen 89 vorherrschenden Druck zu regeln. Beispielsweise sind die  
20 Druckminderer 80 und/oder die Stenose 81 eingerichtet und ausgebildet, den Druck von etwa 20 MPa, bevorzugt auf typisch 450 +/-50 kPa zu regeln. Die Druckminderer 80 und/oder die Stenosen 81 können eingerichtet und ausgebildet sein, den Druck derart einzustellen, dass er kleiner ist als der kleinste Betriebsdruck der Vorrichtung 100.

In oder an den Zuleitungen 7,11,44 kann jeweils mindestens ein Ventil 83, 86, 87, 88, 31, 32 angeordnet  
25 sein. Bevorzugt umfassen die Zuleitungen 7,11,44 jeweils mindestens ein Überdruckventil 83, bevorzugt mindestens zwei Überdruckventile 83. Die Überdruckventile 83 können als Öffnungsdruckventile eingerichtet und ausgebildet sein, bei zu hohen Drücken in den Zuleitungen 7,11,44 das entsprechende Gas aus der Zuleitung 7,11,44 abzuleiten.

Stromabwärts nach dem Druckregulator 80 und/oder der Stenose 81 kann ein erstes Überdruckventil  
30 83 angeordnet sein. Das erste Überdruckventil 83 kann eingerichtet und ausgebildet sein, Druck abzulassen. Dies bietet einen besonderen Schutz für den Fall, dass der Druckregulator 80 ausfällt und ein zu hoher Druck aus der Bezugsquelle 89 in den Zuleitungen 7,11,44 herrscht.

In manchen Ausführungsformen kann mindestens ein zweites Überdruckventil 83 in den Zuleitungen 7,11,44 angeordnet sein. Beispielsweise kann das zweite Überdruckventil 83 stromaufwärts direkt vor  
35 der Einleitung in die Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Die Überdruckventile 83 bieten den Vorteil einer zusätzlichen Sicherung. Überschüssiges Gas kann in die Umgebung abgeleitet werden. In manchen Ausführungsformen kann das überschüssige Gas auch gezielt abgeleitet und wiederverwendet werden (nicht gezeigt).

Überdruckventile 83 und Stenose 81 sind eingerichtet und ausgebildet, die maximalen Flüsse zu begrenzen. Insbesondere können Überdruckventil 83 und Stenose 81 die maximalen Flüsse im Fehlerfall begrenzen. Im Falle eines Defekts des Druckregulators 80, also für den Fall, dass der Druckregulator 80 alles Gas aus den Bezugsquellen 89 durchlässt, kann das Überdruckventil 83 das überschüssige Gas ableiten. Bei Ausfall des Druckregulators 80 können die Stenosen 81 eingerichtet sein, den Maximalfluss derart zu begrenzen, dass das Überdruckventil 83 geschützt ist und das Überdruckventil 83 den Fluss ableiten kann.

Zudem umfassen die Zuleitungen 7,11,44 bevorzugt jeweils mindestens ein Rückschlagventil 86. In manchen Ausführungsformen kann das Rückschlagventil 86 als einfaches Rückschlagventil ausgebildet sein. In bevorzugten Ausführungsbeispielen ist das Rückschlagventil als federbelastetes Rückschlagventil 86 ausgebildet. Das Rückschlagventil 86 ist eingerichtet, die Strömungsrichtung in den Zuleitungen 7,11,44 zu kontrollieren und insbesondere einen Rückfluss des Gases in die Bezugsquellen 89 zu verhindern. Über das Rückschlagventil 86 wird sichergestellt, dass die Bezugsquellen 89 nicht mit dem Atemgasgemisch 5 aus der Atemgasleitung 4 verunreinigt werden.

Die Zuleitungen 7,11,44,71 können zudem jeweils mindestens ein Schaltventil 87, 31, 32 und/oder jeweils mindestens ein Dosierventil 88, 88i umfassen. Schaltventile 87, 31, 32 und/oder Dosierventile 88, 88i können in bevorzugten Ausführungsbeispielen als bistabile Ventile ausgebildet sein. Die Dosierventile 88, 88i können beispielsweise als Nadelventile ausgebildet sein.

Die bistabilen Schaltventile 87 und/oder Dosierventile 88 sind bevorzugt vor der Einmündung in die Atemgasleitung 4 angeordnet und eingerichtet, die Zuleitung und/oder die Zuleitungsmenge in die Atemgasleitung 4 zu steuern. Beispielsweise können die bistabilen Schaltventile 87 und/oder Dosierventile 88 den in die Atemgasleitung 4 eingeleiteten Fluss und/oder Volumen und/oder Druck kontrollieren. In manchen Ausführungsbeispielen kann über die bistabilen Schaltventile 87 und/oder Dosierventile 88 insbesondere der Fluss kontrolliert werden.

Beispielsweise kann in den Zuleitungen 7,11,44 jeweils mindestens ein Schaltventil 87 angeordnet sein. Das beispielsweise jeweils mindestens eine Schaltventil 87 in den Zuleitungen 7,11,44 kann beispielsweise als bistabiles Ventil ausgebildet sein.

Beispielsweise kann in den Frischgas-Zuleitungen 7 mindestens ein bistabiles Schaltventil 87 angeordnet sein. Zudem kann in den Stickoxid-Zuleitungen 44 mindestens ein bistabiles Schaltventil 87 angeordnet sein. Zudem kann in den O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11 mindestens ein bistabiles Schaltventil 87 angeordnet sein. Bevorzugt weisen alle Zuleitungen 7,11,44 mindestens ein bistabiles Schaltventil 87 auf. Die bistabilen Schaltventile 87 können jeweils stromaufwärts direkt nach den Rückschlagventilen 86 angeordnet sein.

Die bistabilen Schaltventile 87 können bevorzugt in einer geöffneten Stellung oder in einer geschlossenen Stellung geschaltet sein. Eine geöffnete Stellung gibt den Gasdurchfluss unbeschränkt frei. Eine geschlossene Stellung kann die Zuleitung hermetisch abdichten und den Gasfluss in der

Zuleitung verhindern. Bevorzugt können die bistabilen Schaltventile 87 von einer geöffneten Stellung in eine geschlossene Stellung verstellt werden. Die Stellung der bistabilen Schaltventile 87 kann durch die Steuereinrichtung 101 gesteuert werden.

Über die Stellung der Schaltventile 87 kann geregelt werden, welche der Leitungen 7,11,44 geöffnet ist und welche geschlossen ist. Somit kann über die Stellung der Schaltventile 87 geregelt werden, aus welchen Bezugsquellen Gas in die Atemgasleitung 4 geleitet wird. Beispielsweise kann über die Stellung der Schaltventile 87 geregelt werden, ob das jeweilige Gas aus der ZGA oder aus den Druckgasflaschen oder gar nicht in die Atemgasleitung 4 eingeleitet wird.

Die bistabilen Schaltventile 87 können eingerichtet sein, dass für den Wechsel zwischen einem geöffneten und einem geschlossenen Zustand und umgekehrt Strom benötigt wird. Die Schaltenergie kann dabei sehr gering gewählt sein. Die bistabilen Schaltventile 87 bleiben sodann geöffnet bzw. geschlossen, ohne dass zusätzliche Energie benötigt wird. Somit können die bistabilen Schaltventile 87 ohne Strom in der vorgegebenen Stellung verbleiben. Dies bietet den Vorteil, dass in einer Notfallsituation, wie beispielsweise bei einem Stromausfall bzw. bei geringer Stromverfügbarkeit oder einem Software-Absturz oder einem sonstigen technischen Fehler, die letztgewählten Funktionen und Einstellungen erhalten werden und eine Beatmung weiter möglich ist. Die bistabilen Schaltventile 87 können dabei zudem eingerichtet sein, dass ein manuelles Umschalten möglich ist. Somit bleibt das medizinische Personal in einer Notfallsituation handlungsfähig.

Die Vorrichtung 100 bietet zur Wahrung der Sicherheit für den Patienten die Möglichkeit der Handbeatmung. Bei Strom- und/oder Software-Ausfall schaltet die Vorrichtung 100 ohne Zutun des Anwenders in einen Zustand, dass der Anwender den Patienten noch mit der Handbeatmung notversorgen kann. Dabei müssen Druckwechsel möglich sein. Das Frischgas muss weiter fließen, das CO<sub>2</sub> muss absorbiert werden und/oder weg diffundieren. Aus diesem Grund verbleiben alle Ventile im Sauerstoffmodul 10 und/oder Frischgasmodul 6 bei Strom- oder Softwareausfall in ihrer letzten Schaltposition.

In manchen Ausführungsformen können die bistabilen Schaltventile 87 auch derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass die geschlossene Stellung nur unter Energieaufwand gehalten wird. Somit kann lediglich Gas in die Atemgasleitung 4 eingetragen werden, wenn die bistabilen Schaltventile 87 stromlos sind. Dies bietet den Vorteil, dass der Gaseintrag in die Atemgasleitung 4 in einer Notfallsituation, beispielsweise bei Stromausfall, gewährleistet wird. Somit kann gewährleistet sein, dass die Sauerstoff- und/oder Frischgaszufuhr bestehen bleiben kann. Zudem kann gewährleistet sein, dass die Anästhesiegaszufuhr bestehen bleiben kann und die Anästhesie aufrechterhalten wird.

In manchen Ausführungsformen können die bistabilen Schaltventile 87 auch derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass die geöffnete Stellung nur unter Energieaufwand gehalten wird. Somit kann lediglich Gas in die Atemgasleitung 4 eingetragen werden, wenn die bistabilen Schaltventile 87 mit Strom versorgt werden. Dies kann den Vorteil bieten, dass der Gaseintrag in die Atemgasleitung 4 in einer Notfallsituation, beispielsweise bei Stromausfall, unterbrochen wird und eine manuelle Beatmung, beispielsweise eine Beatmung mit einem Handbeutel ermöglicht wird.

Alternativ oder zusätzlich kann in den Zuleitungen 7,11,44,71 jeweils mindestens ein Dosierventil 88, 88i angeordnet sein. Das jeweils mindestens eine Dosierventil 88, 88i in den Zuleitungen 7,11,44,71 kann beispielsweise als Nadelventil 88, 88i ausgebildet sein.

5 In alternativen Ausführungsformen kann das Dosierventil 88 auch als Proportionalventil ausgebildet sein. In manchen Ausführungsformen kann die Dosierung auch über die Anordnung mehrerer Schaltventile mit verschiedenen Blenden erfolgen, so dass der Flow über unterschiedliche Blendengrößen / Potenzen einstellbar ist.

10 In bevorzugten Ausführungsformen ist das Dosierventil 88 jedoch als Nadelventil ausgebildet. Nadelventile bieten den Vorteil, dass nahezu unendlich viele Schaltstellungen realisiert werden können. Über Nadelventile ist eine sehr exakte Dosierung möglich. Nadelventile bieten den Vorteil eines sehr großen Regeibereichs, bei dem sowohl sehr kleine Flussmengen als auch sehr große Flussmengen exakt einstellbar sind.

15 Beispielsweise kann in den Frischgas-Zuleitungen 7 mindestens ein Nadelventil 88 angeordnet sein. Zudem kann in der in den Stickoxid-Zuleitungen 44 mindestens ein Nadelventil 88 angeordnet sein. Zudem kann in den O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitungen 11 mindestens ein Nadelventil 88 angeordnet sein. Bevorzugt weisen alle Zuleitungen 7,11,44 jeweils mindestens ein Nadelventil 88 auf.

20 Nadelventile 88 bieten den Vorteil, dass eine sehr feine Druckregelung bei kleinen Flüssen ermöglicht ist. Gleichzeitig können Nadelventile 88 sehr große Flüsse zulassen. Die Nadelventile 88 können derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass der Fluss sowohl sehr klein (0-30 l/min) als auch sehr groß (80-120 l/min) als auch in jeglicher Mittelstufe eingestellt werden kann. Somit eignet sich die Vorrichtung sowohl für eine Beatmung unter Narkose, bei der eher kleinere Flüsse benötigt werden, als auch für Beatmungen mit großen Flüssen, beispielsweise HighFlow-Beatmungen.

25 Aus dem gleichen Grund eignet sich die Vorrichtung 100 insbesondere sowohl für die Beatmung/Anästhesie von Erwachsenen, die größere Flüsse benötigen, als auch für die Beatmung / Anästhesie von Kindern, Kleinkindern, Neugeborenen und Frühchen, die kleinere Flüsse benötigen.

Die Nadelventile 88 können derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass ein Fluss von 0 bis 100 l/min in die Atemgasleitung 4 eingeleitet wird. Bevorzugt wird ein Fluss von 0 bis 60 l/min in die Atemgasleitung 4 eingeleitet.

30 Die Vorrichtung 100 kann in unterschiedlichen Arbeitsmodi betrieben werden, wozu unterschiedliche Flussraten eingestellt werden können. Die Einstellung der Flussrate erfolgt in der Regel automatisch über die Steuereinrichtung 101. Die Einstellung der Flussrate kann beispielsweise über die Einstellungen der Nadelventile 88 in den Zuleitungen 7,11,44 erfolgen.

35 Die Nadelventile 88 können derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass ein Fluss von 0 bis 120 l/min erzeugt werden kann, In einem konkreten Ausführungsbeispiel können die Nadelventile 88 derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass ein Fluss von 0 bis 60 l/min erzeugt werden kann.

In einem Arbeitsmodus für eine High-Flow-Beatmung kann ein Fluss von bis zu 120 l/min erzeugt werden, beispielsweise von bis zu 100 l/min. Für eine High-Flow-Therapie kann der Fluss durch das inaktivierte Gebläse 3 hindurchgeleitet werden, so dass der Fluss lediglich durch das Sauerstoff-Modul 10 und/oder die O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11 erzeugt werden kann.

- 5 In einem Arbeitsmodus für eine total-intravenöse Narkose kann ein Fluss von unter 60 l/min erzeugt werden, beispielsweise von unter 30 l/min, bevorzugt unter 20 l/min. Beispielsweise wird in einem Arbeitsmodus für eine total-intravenöse Narkose ein Fluss von 18 l/min erzeugt.

- 10 In einem Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika VA kann ein Fluss von unter 60 l/min erzeugt werden, beispielsweise von unter 30 l/min, bevorzugt unter 20 l/min. Beispielsweise wird in einem Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika VA ein Fluss von 18 l/min erzeugt.

In einem Arbeitsmodus für eine CPAP-Beatmung kann ein Fluss von unter 60 l/min erzeugt werden, beispielsweise von unter 30 l/min, bevorzugt unter 20 l/min. Beispielsweise wird in einem CPAP-Modus ein Fluss von 15 l/min erzeugt.

- 15 In manchen Ausführungsformen können die Nadelventile 88 als bistabile Nadelventile mit Schrittmotoren ausgebildet sein. Dadurch können die Nadelventile 88 als Dosierventile fungieren. Eine Kombination der Nadelventile mit Schrittmotoren bietet den Vorteil, dass damit sehr kleine und auch sehr große Flüsse dosiert werden können. Nadelventile mit Schrittmotoren haben auch bei sehr kleinen Flüssen eine sehr gute Auflösung.

- 20 Die bistabilen Nadelventile 88 mit Schrittmotoren können so eingerichtet und ausgebildet sein, dass sie ohne Energiezufuhr in der jeweils zuletzt eingestellten Position verbleiben. Dies bietet der Vorrichtung 100 eine besondere Sicherheitsfunktion bei einem Stromausfall, da die Frischgas- und/oder Sauerstoff- und/oder Stickoxidzugabe sodann bestehen bleiben kann.

- 25 Vorteilhaft ist, wenn die Vorrichtung 100 mindestens einen Akkumulator aufweist. Sodann können die Nadelventile 88 bei einem Stromausfall des Stromnetzes über die Energie der Akkumulatoren verstellt werden. Die Nadelventile 88 können zudem derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass eine manuelle Verstellung bei einem Stromausfall möglich ist. Somit ist das medizinische Fachpersonal auch in Notfallsituationen handlungsfähig.

- 30 Die Zuleitungen 7,11,44 können zudem jeweils mindestens das Schaltventil 31, 32 umfassen, welche weiter oben hierin zu Figur 1 bereits beschrieben wurden. Die Schaltventile 31,32 sind bevorzugt direkt vor der Einmündung der Zuleitung in die Atemgasleitung 4 angeordnet. Über die Schaltventile 31,32 wird gesteuert, an welcher Stelle der Atemgasleitung 4 das entsprechende Gas eingeleitet wird. Die Schaltventile 31, 32 sind eingerichtet und ausgebildet den Einspeisepunkt der Gase (Frischgas, Sauerstoff) zu regulieren.

- 35 Die Vorrichtung 100 kann optional mindestens ein Anästhetika-Modul 8 und mindestens eine Anästhetika-Zuleitung 9 umfassen. Das Anästhetika-Modul 8 ist eingerichtet und ausgebildet, dem System über die Anästhetika-Zuleitung 9 Anästhetika zur Verfügung zu stellen. Das Anästhetika-Modul 8 kann über die Steuereinrichtung 101 angesteuert werden.

Die Vorrichtung 100 kann für eine Inhalationsanästhesie bzw. eine Inhalationsnarkose verwendet werden. Für eine Inhalationsanästhesie bzw. eine Inhalationsnarkose können volatile Anästhetika VA eingesetzt werden. Beispielsweise können die volatilen Anästhetika VA ausgewählt sein aus der Gruppe: Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane, Halothane, Enflurane, Methoxyflurane. Besonders bevorzugte volatile Anästhetika VA sind ausgewählt aus der Gruppe: Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane, Halothane.

Für eine Inhalationsanästhesie bzw. eine Inhalationsnarkose können alternativ oder zusätzlich auch gasförmige Anästhetika wie beispielsweise Xenon, Argon oder Distickstoffmonoxid N<sub>2</sub>O (Lachgas) eingesetzt werden. Insbesondere Lachgas kann in manchen Anwendungen dem Atemgasgemisch beigefügt werden, um die Wirkungsweise der volatilen Anästhetika VA zu unterstützen oder positiv zu beeinflussen.

Die volatilen Anästhetika VA werden eingesetzt, um optimale Bedingungen für den Patienten bezüglich zumindest folgender Parameter zu schaffen

- Bewusstlosigkeit (Patient schläft / Hypnose)
- Schmerzfreiheit / Schmerzwahrnehmung (Analgesie)
- Abbau der Muskelspannung
- Dämpfen von vegetativen Reflexen und von Abwehrreflexen

Die volatilen Anästhetika VA sind niedermolekular und weisen einen hohen Dampfdruck und einen relativ niedrigen Siedepunkt auf.

20

### Überblick volatile Anästhetika VA

Name	Struktur	Molare Masse [g]	Siedepunkt [°C]	Dampfdruck (Umgebung 20°C)	MAC – Awake [%]	MAC – Immobile [%]	Einstellbereich bei Einleitung max. [%]
Isofluran	CF <sub>3</sub> -CHCl-O-CHF <sub>2</sub>	185	48,5	313 hPa (31,3%)	0,43	1,28	5
Sevofluran	CH-CF <sub>3</sub> -CF <sub>3</sub> -O-CH <sub>2</sub> F	200	58,6	207 hPa (20,7%)	0,63	2,05	8
Desfluran	CF <sub>3</sub> -CHF-O-CHF <sub>2</sub>	168	22,8	873 hPa (87,3%)	2,40	6,00	18
Halothan	CF <sub>3</sub> -CHBrCl	197	50,2	242 hPa (24,2%)	0,52	0,75	5
Enfluran	CHF <sub>2</sub> -O-CF <sub>2</sub> -CHFCI	184	56,5	233 hPa (23,3%)	-	1,58	5
Methoxyfluran	CH <sub>3</sub> -O-CF <sub>2</sub> -CHCl <sub>2</sub>	165	104,7	26 hPa (2,6 %)	-	0,2	4

MAC = Minimum Alveole Concentration

1 MAC = 50% der Patienten sind ideal anästhesiert

Die Anästhetika können in manchen Ausführungsformen gasförmig in die Atemgasleitung eingeleitet werden (nicht gezeigt). Für eine gasförmige Einleitung können die Anästhetika VA oder die gasförmigen Anästhetika zuvor mit Frischgas gemischt werden. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 100 über eine Mischkammer verfügen (nicht gezeigt). Sodann können die mit Frischgas gemischten,

25

gasförmigen Anästhetika über die Anästhetika-Zuleitung 9 in die Atemgasleitung 4 geleitet werden, LU103147 wo sie sich mit dem Atemgasgemisch 5 vermischen.

In bevorzugten Ausführungsformen werden die volatilen Anästhetika VA über eine Flüssigdosierung in die Atemgasleitung 4 eingeleitet. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 100 über mindestens ein Verdunstungselement 8a verfügen. Das Verdunstungselement 8a kann in oder an der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das Verdunstungselement 8a kann als integraler Bestandteil der Atemgasleitung 4 ausgebildet sein. Sodann können die volatilen Anästhetika VA über das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 in das Verdunstungselement 8a der Atemgasleitung 4 geleitet werden. Das Anästhetika-Modul 8 steht zu diesem Zwecke über die Anästhetika-Zuleitung 9 pneumatisch mit dem Verdunstungselement 8a der Atemgasleitung 4 in Verbindung. Im Verdunstungselement 8a können die flüssig eingeleiteten volatilen Anästhetika VA verdunsten und sich mit dem Atemgasgemisch 5 vereinen.

Eine Flüssigdosierung der volatilen Anästhetika VA kann realisiert werden, indem die Anästhetika VA in einem Tank gekühlt und/oder unter Druck gesetzt werden. In bevorzugten Ausführungsformen liegt in der Atemgasleitung 4 ein erster Druck P1 an und zumindest in der Anästhetika-Zuleitung 9 ein zweiter Druck P2, wobei der erste Druck P1 kleiner ist als der zweite Druck P2. Der zweite Druck P2 beträgt beispielsweise mindestens 100 kPa. In bevorzugten Ausführungsbeispielen kann der zweite Druck P2 mindestens 180 kPa betragen. Somit können die volatilen Anästhetika VA über das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 flüssig in das Verdunstungselement 8a eingebracht werden. Erst dort können die Anästhetika VA verdunsten und sich mit dem Atemgasgemisch 5 vereinen.

Die Konzentration an Anästhetika VA ist in der Regel derart gewählt, dass die Anästhetika-Konzentration im Atemgasgemisch 5 beispielsweise in einem Bereich zwischen 0 und 25 % liegt. Die Vorrichtung 100 ist derart eingerichtet, dass ein Anwender, beispielsweise medizinisches Fachpersonal wie der Anästhesist, die Konzentration der Anästhetika VA sehr genau und variabel einstellen kann. Der Anästhesist kann je nach verwendetem Anästhetikum und je nach Patient und/oder Art der Operation die Konzentration der Anästhetika einstellen und adaptiv an die Bedingungen unter der Operation anpassen.

Für eine Sedierung des Patienten 90 wird die Konzentration der einzelnen volatilen Anästhetika VA im Atemgasgemisch 5 üblicherweise wie folgt gewählt: Isofluran 0 bis 5%; Halothan 0 bis 5%; Sevoflurane 0 bis 8%; Desfluran 0 bis 18 %. Die volatilen Anästhetika VA werden in der Regel nicht gemeinsam verwendet. Höhere Konzentrationen sind möglich und liegen im Ermessen des Anwenders, also insbesondere im Ermessen des Anästhesisten. Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, die Einstellung sämtlicher Konzentrationen zuzulassen.

Die Flüssigdosierung der volatilen Anästhetika bietet gegenüber der Gasdosierung mit einer vorherigen Mischung mit Frischgas beispielsweise folgende Vorteile:

- Exaktere und somit sparsamere Dosierung von Anästhetika ist möglich
- Die Zufuhr von Anästhetika ist unabhängig von der Zufuhr von Frischgas oder Sauerstoff

- Die Anästhetika-Konzentration ist unabhängig von der Frischgaskonzentration und/oder der Sauerstoffkonzentration LU103147
- Der Druck aus Anästhetika-Druckgasflaschen kann die Förderenergie für die Anästhetika liefern

5 Die Anästhetika-Zuleitung 9 kann in das Verdunstungselement 8a einmünden. In dem Verdunstungselement 8a ändert sich der Aggregatzustand der volatilen Anästhetika VA. Mit Eintritt in das Verdunstungselement 8a der Atemgasleitung 4 werden die volatilen Anästhetika VA dem Druck P1 der Atemgasleitung 4 ausgesetzt und somit gasförmig. Das Verdunstungselement 8a kann im inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Somit können die Anästhetika VA in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 eingeleitet werden. Das Verdunstungselement 8a kann stromaufwärts vor dem Gebläse 3 oder stromabwärts nach dem Gebläse 3 angeordnet sein. In bevorzugten Ausführungsformen gemäß den Figuren kann das Verdunstungselement 8a stromaufwärts vor dem Gebläse 3 angeordnet sein. Das Verdunstungselement 8a kann bevorzugt stromabwärts nach den Frischgas-Zuleitungen 7i, 7ii angeordnet sein. In den konkreten Ausführungsbeispielen gemäß der Figuren ist das Verdunstungselement 8a zwischen der Einmündung der ersten Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 und dem Gebläse 3 angeordnet.

Die Vorrichtung 100 ist vorteilhafterweise derart eingerichtet, dass zumindest ein permanenter Fluss, der Byflow, in der Atemgasleitung 4 ausgebildet ist. Durch den Byflow ist gewährleistet, dass das Atemgasgemisch 5 in der Atemgasleitung 4 immer in Bewegung ist. Im Verdunstungselement 8a hat der Byflow positive Auswirkungen auf die Verdunstungsrate der volatilen Anästhetika VA.

Der Byflow im Verdunstungselement 8a kann durch das Reservoir 12 und/oder durch das Gebläse 3 und/oder durch das Frischgas-Modul 6 und/oder durch das Sauerstoff-Modul 10 erzeugt und aufrechterhalten werden. Durch den Byflow im Verdunstungselement 8a können die flüssig eingespeisten volatilen Anästhetika VA verdunsten und sich optimal mit dem Atemgasgemisch 5 vermischen.

**Figur 3** zeigt schematisch einen Ausschnitt aus der Atemgasleitung 4, in der das Verdunstungselement 8a angeordnet ist, das über die Anästhetika-Zuleitung 9 mit dem Anästhetika-Modul 8 verbunden ist.

Aus Figur 3 wird ersichtlich, dass das Verdunstungselement 8a in der Atemgasleitung 4 zwischen dem ersten Rückschlagventil 21 und dem Gebläse 3 angeordnet sein kann. Das Verdunstungselement 8a kann bevorzugt stromaufwärts direkt vor dem Gebläse 3 angeordnet sein. Das Verdunstungselement 8a kann bevorzugt stromabwärts nach dem Frischgas-Einspeisepunkt 207 der ersten Frischgas-Zuleitung 7i angeordnet sein. Das Verdunstungselement 8a kann bevorzugt stromabwärts nach dem ersten Rückschlagventil 21 angeordnet sein. Das Rückschlagventil 21 kann sodann verhindern, dass das in der Atemgasleitung 4 geförderte Atemgasgemisch 5 entgegen der Hauptströmungsrichtung S strömt.

Das Anästhetika-Modul 8 ist über die Anästhetika-Zuleitung 9 mit dem Verdunstungselement 8a verbindbar. Über das Verdunstungselement 8a kann eine Anästhetika-Einspeisung 209 in das Atemgasgemisch 5 erfolgen. Über das Anästhetika-Modul 8 können dem Atemgasgemisch 5 unterschiedliche volatile Anästhetika VA zugeführt werden. In der Regel wird dem Patienten jeweils nur ein Anästhetikum zur Zeit beigelegt. Über das Anästhetika-Modul 8 ist es auch möglich, das jeweilige Anästhetikum unter der Operation auszutauschen. Über das Anästhetika-Modul 8 kann mindestens ein volatiles Anästhetikum VA flüssig in das Verdunstungselement 8a eingeleitet werden. Im Verdunstungselement 8a kann das volatile Anästhetikum VA verdunsten und sich mit dem Atemgasgemisch 5 vermischen.

10 Um die volatilen Anästhetika VA flüssig bereitzustellen, kann das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 gekühlt und/oder unter Druck gehalten werden. Bevorzugt werden Anästhetika-Modul 8 und Anästhetika-Zuleitung 9 unter dem zweiten Druck P2 gehalten. Der Druck P2 beträgt bevorzugt mindestens 180 kPa. Bei diesem Druck befinden sich die volatilen Anästhetika VA im flüssigen Aggregatzustand, solange die Temperatur unter 40°C liegt. Bevorzugte volatile  
15 Anästhetika VA sind beispielsweise ausgewählt aus der Gruppe: Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane, Halothane.

Das Anästhetika-Modul 8 kann zumindest eine der folgenden Einheiten umfassen: Druckversorgungseinheit 810, Aufnahmeeinheit 820, Selektionseinheit 830, Dosiereinheit 840, Sicherheitseinheit 850, Temperatureinheit 860. Das Anästhetika-Modul 8 ist als eine pneumatische  
20 Einheit zu verstehen. Alle Einheiten des Moduls 8 stehen (direkt oder indirekt) pneumatisch miteinander in Verbindung. Die Verbindung kann über die mindestens eine Anästhetika-Zuleitung 9 bestehen. Das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 stehen bevorzugt unter dem Druck P2, um das zu fördernde volatile Anästhetikum VA flüssig zu halten. Die Speicherung und/oder Abgabe und/oder Kontrolle von Anästhetika aus dem Anästhetika-Modul 8 kann von der Steuereinheit  
25 101 gesteuert werden.

Das Anästhetika-Modul 8 kann mit mindestens einer Vorrichtung zur Aufbewahrung von volatilen Anästhetika 800 verbindbar sein. Die Vorrichtungen zur Aufbewahrung von volatilen Anästhetika können als Anästhetika-Tanks 800 ausgebildet sein. Der mindestens eine Tank 800 ist eingerichtet und ausgebildet, volatile Anästhetika VA aufzunehmen und/oder zu speichern und/oder abzugeben.  
30 Hierbei wird bevorzugt jeweils ein individueller Tank 800 für je ein einziges volatiles Anästhetikum VA verwendet.

Die Tanks 800 sind eingerichtet und ausgebildet, jeweils ein volatiles Anästhetikum VA aufzunehmen und/oder zu speichern und/oder abzugeben. Hierbei stehen die Tanks 800 bevorzugt derart unter Druck, dass die gespeicherten volatilen Anästhetika bei Raumtemperatur in einem flüssigen  
35 Aggregatzustand vorliegen. Der Druck in den Tanks 800 kann in einem Bereich zwischen 100 kPa und 500 kPa liegen, um die Anästhetika flüssig zu halten. Der Druck in den Tanks 800 liegt bevorzugt in einem Bereich zwischen 150 kPa und 300 kPa. Der Druck in den Tanks 800 liegt beispielsweise bei

mindestens 180 kPa. Die Tanks 800 sind somit auch eingerichtet und ausgebildet, einen Druck aufzunehmen und/oder zu halten und/oder abzugeben.

Die Tanks 800 können mit Anästhetika VA wieder auffüllbar sein. Die Tanks 800 können derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass der Füllstand des Anästhetikums detektierbar ist (nicht  
5 gezeigt). Die Detektion des Füllstands kann visuell erfolgen. Zu diesem Zweck können die Tanks 800 zumindest teilweise durchsichtig sein. Beispielsweise können die Tanks 800 ein Sichtfenster, optional mit einer Skalierung, aufweisen, durch das die Befüllung der Tanks 800 visuell ablesbar ist. Die  
10 Detektion des Füllstands kann auch sensorisch erfolgen. Zu diesem Zweck können die Tanks 800 ein Schwimm-Element umfassen, das auf dem Anästhetikum schwimmt und beispielsweise magnetisch ist. Über einen Magnet-Sensor kann die Feldstärke erfasst werden. Anhand der Feldstärke kann  
bestimmt werden, wo sich das Schwimm-Element befindet. Anhand der Lage des Schwimm-Elements kann sodann der Füllstand des Anästhetikums bestimmt werden.

Die Tanks 800 können zudem Elemente aufweisen, die eine eindeutige Zuordnung zulassen (nicht  
15 gezeigt). Beispielsweise kann an oder in den Tanks 800 eine Codierung hinterlegt sein, die eine eindeutige Zuordnung des individuellen Tank 800 bzw. des in ihm enthaltenen Anästhetikums zulässt. Die Codierung kann beispielsweise mechanisch und/oder sensorisch und/oder visuell erfolgen.

Um die Tanks 800 mit der Vorrichtung 100 zu verbinden, kann das Anästhetika-Modul 8 die mindestens  
20 eine Aufnahmeeinheit 820 umfassen. Die Aufnahmeeinheit 820 umfasst mindestens eine Aufnahmebuchse 821. Über die Aufnahmebuchsen 821 kann die Aufnahmeeinheit 820 mindestens einen Tank 800 aufnehmen. Bevorzugt umfasst die Aufnahmeeinheit 820 mehr als eine Aufnahmebuchse 821 zur Aufnahme mehrerer unterschiedlicher Tanks 800, beispielsweise zwei (siehe  
Figur 3) oder mehr (nicht gezeigt).

Die Vorrichtung 100 kann je individuellem Tank 800, also je Anästhetikum eine spezielle  
25 Aufnahmebuchse 821 aufweisen. In manchen Ausführungsformen ist es auch denkbar, dass eine Aufnahmebuchse 821 für die Aufnahme von unterschiedlichen individuellen Tanks 800 mit unterschiedlichen Anästhetika ausgebildet ist.

Die Aufnahmebuchsen 821 können über mindestens eine hier nicht dargestellte Vorrichtung zur  
30 Erkennung der individuellen Tanks 800 verfügen. Dies bietet einen zusätzlichen Sicherheitsaspekt, da somit eine Verwechslung der unterschiedlichen Anästhetika ausgeschlossen werden kann. Die Erkennung kann mechanisch und/oder visuell und/oder sensorisch erfolgen. Derart kann sichergestellt  
werden, dass jeweils der richtige Tank 800 mit dem korrekten Anästhetikum in die dafür vorgesehene Aufnahmebuchse 821 aufgenommen wird. Die Aufnahmebuchsen 821 können beispielsweise über  
Tank-spezifische Anschlussvorrichtungen verfügen zur mechanischen Erkennung des individuellen  
35 Tanks 800. Die Erkennung kann alternativ oder zusätzlich auch visuell codiert sein, beispielsweise über eine farbliche Codierung der individuellen Tanks 800 und ihrer jeweiliger Aufnahmebuchse 821. Die  
Erkennung kann alternativ oder zusätzlich auch sensorisch oder elektrisch codiert erfolgen. Dafür  
können die Tanks 800 beispielsweise einen Strichcode oder ähnliches aufweisen und die  
Aufnahmebuchsen 821 einen entsprechenden Sensor.

Die Aufnahmeeinheit 820 ist eingerichtet und ausgebildet, einen oder mehrere Tanks 800 derart aufzunehmen, dass die Tanks 800 unter Druck stehen. Die Aufnahmeeinheit 820 ist bevorzugt eingerichtet, den Druck in den Tanks 800 bei beispielsweise mindestens 180 kPa zu halten. Dafür ist die Aufnahmeeinheit 820 eingerichtet und ausgebildet, den Tanks 800 Druck zuzuführen und/oder Druck aus den Tanks 800 abzuführen. Zu diesem Zwecke kann die Aufnahmeeinheit 820 mit mindestens einer Druckversorgungseinheit 810 in Verbindung stehen.

Die Druckversorgungseinheit 810 ist eingerichtet und ausgebildet, die Aufnahmeeinheit 820 und somit die Tanks 800 mit Druck zu versorgen oder zu entlasten. Die Druckversorgungseinheit 810 kann Druck liefern und/oder Druck entnehmen. Beispielsweise kann die Druckversorgungseinheit 810 mit dem Frischgas-Modul 6 und/oder dem Sauerstoff-Modul 10 verbunden sein, um Frischgas und/oder Sauerstoff zur Bereitstellung eines Druckes zu beziehen. In einer bevorzugten Ausführungsform bezieht die Druckversorgungseinheit 810 Frischgas mit einem geregelten Vordruck, um den Druck bereitzustellen.

Die Druckversorgungseinheit 810 kann bevorzugt einen Druckregulator umfassen, um den Druck aus dem Frischgas-Modul 6 auf das in den Tanks 800 benötigte Druckniveau zu regeln. Die Druckversorgungseinheit 810 kann zudem mindestens einen Drucksensor umfassen, um den Druck in den jeweiligen Tanks 800 zu erfassen. Die Druckversorgungseinheit 810 kann zudem mindestens einen Temperatursensor umfassen, um die Temperatur zu erfassen. Die Vorrichtung 100 kann mindestens einen Alarmgeber umfassen (nicht gezeigt). Das Anästhetika-Modul 8 kann über die Steuereinheit 101 mit dem Alarmgeber interagieren. So kann der Alarmgeber beispielsweise einen Alarm ausgeben, wenn die Temperatur über einen Wert ansteigt, bei der nicht gesichert sein kann, dass alle volatilen Anästhetika noch flüssig gehalten werden können. Der Alarmgeber kann alternativ oder zusätzlich auch einen Alarm ausgeben, wenn der Druck unter einen Wert fällt, bei dem nicht gesichert sein kann, dass alle volatilen Anästhetika noch flüssig gehalten werden können.

Die Druckversorgungseinheit 810 kann bevorzugt ein eigenes Reservoir zur Speicherung von Frischgas aufweisen (nicht gezeigt), so dass der Druck für eine gewisse Zeit auch ohne einen Zugang zum Frischgas-Modul 6 aufrechterhalten werden kann. Die Druckversorgungseinheit 810 kann zudem mindestens ein Rückschlagventil umfassen, so dass die Frischgasversorgung nur in Richtung vom Frischgas-Modul 6 zur Druckversorgungseinheit 810 verlaufen kann und nicht umgekehrt.

Die Druckversorgungseinheit 810 kann mindestens ein Ventil zum Belasten 811 und mindestens ein Ventil zum Entlasten 812 der Aufnahmeeinheit 820 und/oder der Tanks 800 umfassen. Somit kann der Aufnahmeeinheit 820 und/oder den Tanks 800 über das Frischgas-Modul 6 und das Ventil 811 ein Druck zugeführt werden. Über das Ventil 812 kann Druck aus der Aufnahmeeinheit 820 und/oder den Tanks 800 abgelassen werden. Zu diesem Zweck steht das Anästhetika-Modul 8 mit dem Ausgang 14-A in Verbindung, so dass der Druck über das Ventil 812 und den Ausgang 14-A abgelassen werden kann.

Die Druckversorgungseinheit 810 kann mindestens ein Schaltventil 813 umfassen, um den jeweiligen zu beliefernden Tank 800 auszuwählen. In konkreten Ausführungsformen ist eine Mehrzahl von

Ventilen 811,812,813 vorteilhaft, die von der Steuereinrichtung 101 oder von einem Anwender direkt derart angesteuert werden können, dass der Druck in allen in Verwendung stehenden Tanks 800 geregelt werden kann.

Die Aufnahmeeinheit 820 ist ferner eingerichtet und ausgebildet, einen oder mehrere Tanks 800 derart aufzunehmen, dass die Tanks 800 Anästhetika aufnehmen und/oder speichern und/oder abgeben können. Die Aufnahme des Anästhetikums in den jeweiligen Tank 800 kann innerhalb der Aufnahmebuchten 821 erfolgen oder außerhalb. Zu diesem Zwecke können die Tanks 800 jeweils ein Füllventil umfassen (nicht gezeigt). Die Aufnahme von Anästhetika kann erfolgen, wenn die Tanks 800 entlüftet sind. Die Aufnahme von Anästhetika kann auch erfolgen, wenn die Tanks 800 unter Druck stehen. Dies kann insbesondere für Desfluran vorteilhaft sein, da der Dampfdruck bei 40°C nahezu den Druck von 1,8 bar erreicht.

Die Aufnahmeeinheit 820 ist ferner eingerichtet und ausgebildet, eine kontrollierte Abgabe von Anästhetika aus den Tanks 800 zu gewährleisten. Das Anästhetika-Modul 8 ist eingerichtet und ausgebildet, dass die Abgabe von Anästhetika aus den Tanks 800 in die Anästhetika-Zuleitung 9 nur dann erfolgen kann, wenn der jeweilige Tank 800 und die Anästhetika-Zuleitung 9 belastet sind. Sodann erfolgt die Abgabe des volatilen Anästhetikums VA in flüssiger Form.

Die Ventile der Aufnahmeeinheit 820 und/oder die Tanks 800 und/oder die Druckversorgungseinheit 810 sind derart eingerichtet und ausgebildet, dass sie im Zusammenspiel verschiedene Funktionen zulassen, wie beispielsweise:

- Tanks 800 sind in die Aufnahmebuchten eingesetzt und stehen unter Druck und liefern volatile Anästhetika VA
- Tanks 800 sind in die Aufnahmebuchten eingesetzt und stehen unter Druck und liefern keine volatilen Anästhetika VA
- Tanks 800 sind in die Aufnahmebuchten eingesetzt und stehen unter Druck und können mit volatilen Anästhetika VA befüllt werden
- Tanks 800 sind in die Aufnahmebuchten eingesetzt und stehen nicht unter Druck und können mit volatilen Anästhetika VA befüllt werden
- Tanks 800 sind in die Aufnahmebuchten eingesetzt und stehen nicht unter Druck und können entnommen werden

Die Aufnahmeeinheit 820 kann über die Anästhetika-Zuleitung 9 pneumatisch mit der Selektionseinheit 830 verbunden sein. Die Selektionseinheit 830 des Anästhetika-Moduls 8 ist eingerichtet und ausgebildet, das jeweilige Anästhetikum zu selektieren. Hierbei wird in der Regel immer nur ein volatiles Anästhetikum VA zur Zeit verwendet, um unerwünschte Wechselwirkungen zwischen den volatilen Anästhetika VA zu vermeiden. Die Auswahl des Anästhetikums trifft das medizinische Fachpersonal. Hierzu kann eine Eingabe an der Vorrichtung 100 vorgenommen werden.

Die hier nicht näher dargestellte Selektionseinheit 830 umfasst mindestens ein Selektionsventil 831. Das Selektionsventil 831 kann beispielsweise als 2/2-Wege Schaltventil ausgebildet sein. In einem

konkreten Ausführungsbeispiel kann die Selektionseinheit 830 mehrere Selektionsventile 831 umfassen, insbesondere für jedes individuelle Anästhetikum eines.

5 Bevorzugt sind die Selektionsventile 831 als bistabile 2/2-Wege Schaltventile ausgebildet. Die Selektionsventile 831 können jeweils derart eingerichtet und ausgebildet sein, dass sie in einem energielosen Zustand den Weg zur Dosiereinheit 840 und/oder zum Verdunstungselement 8a verhindern. Eine Bestromung kann jeweils eines der Selektionsventile 831 derart schalten, dass der Weg zur Dosiereinheit 840 und/oder zum Verdunstungselement 8a freigegeben wird. Hierbei ist in der Steuereinheit 101 bevorzugt hinterlegt, dass jeweils nur ein Selektionsventil 831 zur Zeit geöffnet werden kann. Dadurch ist sichergestellt, dass jeweils nur eines der Anästhetika in die Atemgasleitung 10 4 eingespeist wird. Hinter den Selektionsventilen 831 können jeweils Rückschlagventile angeordnet sein, um einen Rückfluss von Anästhetika zu verhindern (nicht gezeigt).

Die Selektionseinheit 830 kann über die Anästhetika-Zuleitung 9 pneumatisch mit der Dosiereinheit 840 verbunden sein. Die Dosiereinheit 840 des Anästhetika-Moduls 8 ist eingerichtet und ausgebildet, das jeweils selektierte Anästhetikum zu dosieren. Die Dosierung des Anästhetikums erfolgt bevorzugt 15 in einem flüssigen Aggregatzustand.

Die hier nicht näher dargestellte Dosiereinheit 840 umfasst zu diesem Zwecke mindestens ein Dosierventil 841. Die Dosierventile 841 sind in bevorzugten Ausführungsbeispielen als bistabile Nadelventile ausgebildet. Die Dosierventile 841 sind in besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen als bistabile Nadelventile mit Schrittmotoren ausgebildet. Bistabile Nadelventile bieten den Vorteil 20 einer sicheren und exakten Dosierung. Zudem ist eine Positionscodierung möglich.

Über eine Positionscodierung können die Dosierventile 841 ausgebildet und eingerichtet sein, unterschiedliche Anästhetika VA zu dosieren. Beispielsweise kann mehr als ein Anästhetikum dosiert in den Kreislauf abgegeben werden, beispielsweise mehr als zwei, beispielsweise mindestens drei verschiedene volatile Anästhetika VA. Beispielsweise können Isoflurane und/oder Sevofluran und/oder 25 Desfluran über eine Positionscodierung der Dosierventile 841 kontrolliert in den Kreislauf dosiert werden.

Die bistabilen Nadelventile mit Schrittmotoren 841 können so eingerichtet und ausgebildet sein, dass sie ohne Energiezufuhr in der jeweils zuletzt eingestellten Position verbleiben. Dies bietet der Vorrichtung 100 eine besondere Sicherheitsfunktion bei einem Stromausfall, da die Anästhesiezugabe 30 sodann dadurch bestehen bleiben kann, dass zum Einen die Dosierventile 841 in ihrer Position verbleiben und zum Anderen die Förderenergie der Anästhetika VA aus den Druckgasflaschen kommt.

Die Dosiereinheit 840 kann darüber hinaus mindestens einen Flowsensor und/oder mindestens einen Drucksensor und/oder mindestens einen Temperatursensor umfassen (nicht gezeigt). Mit diesen Sensoren kann in der Dosiereinheit 840 der Flow und/oder der Druck und/oder die Temperatur erfasst 35 und von der Steuereinheit 101 kontrolliert werden.

Die Dosiereinheit 840 kann über die Anästhetika-Zuleitung 9 pneumatisch mit der Sicherheitseinheit 850 verbunden sein. Die Sicherheitseinheit 850 des Anästhetika-Moduls 8 ist eingerichtet und

ausgebildet, die Hereingabe der Anästhetika in das Verdunstungselement 8a zu kontrollieren. Über die Sicherheitseinheit 850 kann die Hereingabe des Anästhetikums in das Verdunstungselement 8a zugelassen und/oder gestoppt werden. Die Sicherheitseinheit 850 kann über die Zuleitung 9 pneumatisch mit dem Verdunstungselement 8a verbunden sein. Ferner kann die Sicherheitseinheit 850 pneumatisch mit dem Ausgang 14-A verbunden sein (nicht gezeigt).

Die Sicherheitseinheit 850 umfasst zu diesem Zwecke mindestens ein Ventil 851, 852. In bevorzugten Ausführungsbeispielen umfasst die Sicherheitseinheit 850 mindestens zwei Ventile 851, 852. Die Ventile 851, 852 können beispielsweise hintereinander geschaltet sein. Die Ventile 851,852 können bevorzugt als 2/2-Wege Schaltventile und/oder als 3/2-Wege-Schaltventile ausgebildet sein. Die Ventile 851, 852 können bevorzugt monostabil ausgebildet sein.

In einem konkreten Ausführungsbeispiel umfasst die Sicherheitseinheit 850 ein erstes Ventil 851 und ein zweites Ventil 852. Die Ventile 851,852 können beispielsweise zwischen dem Dosierventil 841 und dem Verdunstungselement 8a in der Anästhetika-Zuleitung 9 angeordnet sein.

Das erste Ventil 851 kann beispielsweise als monostabiles 2/2-Wege Schaltventil ausgebildet und eingerichtet sein, den Weg zum Verdunstungselement 8a zuzulassen oder zu verschließen. Es kann vorgesehen sein, dass das Ventil 851 ohne Strom geschlossen und bestromt offen ist oder umgekehrt. Bevorzugt ist ein Anästhetika Durchfluss ins Verdunstungselement 8a nur möglich, wenn das erste Ventil 851 bestromt ist. Somit kann das erste Ventil 851 als Sicherheitsventil dienen, so dass die Einleitung von Anästhetika in das Verdunstungselement 8a nur aktiv erfolgen kann. In einer Notfallsituation (Strom- und/oder Softwareausfall) kann das Ventil 851 die Einleitung von volatilen Anästhetika somit automatisch unterbrechen. Das Ventil 851 kann bevorzugt jedoch auch eingerichtet sein, dass es manuell umgeschaltet werden kann. So kann die Einleitung von volatilen Anästhetika VA auch in einer Notfallsituation hergestellt werden, da die Dosierventile 841 in ihrer Position verbleiben und die Förderenergie der Anästhetika VA aus den Druckgasflaschen kommt und das Ventil 851 geöffnet ist, so dass der Weg ins Verdunstungselement 8a geöffnet ist.

Das zweite Ventil 852 kann beispielsweise als monostabiles 3/2-Wege Schaltventil ausgebildet und eingerichtet sein, den Weg zum Verdunstungselement 8a und/oder zum Ausgang 14-A zuzulassen oder zu verschließen. Es kann vorgesehen sein, dass das Ventil 852 ohne Strom den Weg zum Verdunstungselement 8a freigibt und bestromt den Weg zum Ausgang 14-A freigibt oder umgekehrt. Bevorzugt ist ein Anästhetika Durchfluss in den Ausgang 14-A nur möglich, wenn das zweite Ventil 852 bestromt ist. Somit kann über das zweite Ventil 852 aktiv Anästhetikum in den Ausgang 14-A abgeleitet werden. Somit kann die Sicherheitseinheit 850 insbesondere auch dazu eingerichtet und ausgebildet sein, Anästhetika VA aus der Anästhetika-Zuleitung 9 auszuspülen. Dies kann insbesondere bei einem Wechsel des Anästhetikums vorteilhaft sein. Durch das Ausspülen der Anästhetika-Zuleitung 9 kann verhindert werden, dass sich in der Anästhetika-Zuleitung 9 mehr als ein Anästhetikum zur Zeit befindet.

Die Sicherheitseinheit 850 kann darüber hinaus einen nicht gezeigten Neigungssensor umfassen. Über den Neigungssensor kann die räumliche Ausrichtung des Verdunstungselements 8a und/oder der Vorrichtung 100 insgesamt ermittelt werden.

Die Temperatureinheit 860 des Anästhetika-Moduls 8 ist eingerichtet und ausgebildet, die Temperatur im oder am Verdunstungselement 8a zu erfassen und/oder zu regulieren. Die Temperatureinheit 860 kann mindestens einen Temperatursensor umfassen, um die Temperatur im oder am Verdunstungselement 8a zu erfassen. Ferner kann die Temperatureinheit 860 mindestens ein Heizelement 861 umfassen. Das mindestens eine Heizelement 861 kann eingerichtet und ausgebildet sein, die Temperatur im Verdunstungselement 8a zu beeinflussen. Beispielsweise können die Heizelemente 861 das Verdunstungselement 8a erwärmen, bevorzugt auf eine Temperatur über der Zimmertemperatur. Beispielsweise können Temperaturen von bis zu 40°C eingestellt werden, um die Verdunstungsrate des Anästhetikums im Verdunstungselement 8a zu erhöhen. Die Temperatur des Verdunstungselements 8a wirkt sich auf die Verdunstungsrate des Anästhetikums aus. Grundsätzlich gilt: Je höher die Temperatur, desto höher ist die Verdunstungsrate. Die Verdunstungsrate kann auf diese Weise bis zu 2 Liter pro Minute betragen.

Zu Beginn einer Narkose können Verdunstungsraten bis zu 2 l/min notwendig sein, um die Narkose einzuleiten. Bei gesättigtem Fettgewebe können kleinere Verdunstungsraten notwendig sein, um die Narkose aufrecht zu erhalten. Die Vorrichtung 100 kann sodann derart eingestellt werden, dass die Verdunstungsrate unter 2 l/min liegt, beispielsweise unter 1 l/min oder unter 0,5 l/min. Bei gesättigtem Fettgewebe kann mitunter eine Verdunstungsrate von 1 ml/min bis 100 ml/min ausreichend sein, um die Narkose aufrecht zu erhalten. Die Verdunstungsrate kann über das Anästhetika-Modul 8 variabel eingestellt werden.

Die Vorrichtung 100 kann eine Vielzahl von weiteren funktionellen Ventilen 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 umfassen, die im Folgenden beschrieben werden. Hierin mitunter verwendete Bezeichnungen „erstes“, „zweites“ etc. dient lediglich der Unterscheidung der verschiedenen Ventile und hat keine technische Bedeutung, insbesondere keine Priorisierung oder dergleichen.

Aus Figur 1 wird ersichtlich, dass die Vorrichtung 100 mindestens ein Druckregelungsventil 30 umfassen kann, das in der Atemgasleitung 4 angeordnet ist. Das Druckregelungsventil 30 kann eingerichtet sein, die Strömungsrichtung der Hauptströmung S zu beeinflussen bzw. zu regulieren. Das Druckregelungsventil 30 ist eingerichtet, veränderliche Volumenströme zuzulassen oder zu regeln.

In manchen Ausführungsformen kann das Druckregelungsventil 30 als bistabiles Schaltventil ausgebildet sein. Das Druckregelungsventil 30 kann in einer geöffneten Stellung oder in einer geschlossenen Stellung oder in mindestens einer Mittelstellung geschaltet sein. Eine geöffnete Stellung gibt den Gasdurchfluss unbeschränkt frei. Eine geschlossene Stellung kann die Zuleitung hermetisch abdichten und den Gasfluss in der Atemgasleitung 4 verhindern. Eine Mittelstellung kann den Gasfluss beschränkt freigeben.

In bevorzugten Ausführungsformen kann das Druckregelungsventil 30 als Proportionalventil ausgebildet sein. Beispielsweise kann das Druckregelungsventil 30 als 2/2-Proportional-Wegeventil ausgebildet sein (siehe Figuren).

5 Das Druckregelungsventil 30 ist bevorzugt eingerichtet, den Durchfluss selektiv in mindestens einer Richtung abzusperren. Durch die Anordnung des Druckregelungsventils 30 in der Atemgasleitung 4 ist die Strömungsrichtung des Atemgasgemisches 5 nicht reversibel.

10 Das Druckregelungsventil 30 ist bevorzugt als einstellbares Druckregelungsventil 30 zur Regelung eines Expirationsdrucks  $P_{exp}$  ausgebildet. Das Druckregelungsventil 30 kann als PEEP-Ventil ausgebildet sein und eingerichtet sein, zumindest den positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) einzustellen bzw. zu halten. Das Druckregelungsventil 30 kann verhindern, dass der Druckabfall während der Ausatmung den Umgebungsluftdruck erreicht. Das Druckregelungsventil 30 stellt eine einstellbare Stenose dar.

15 Das Druckregelungsventil 30 kann elektrisch auf einen Wert eingestellt werden und/oder passiv auf einen voreingestellten Wert regeln. Das Druckregelungsventil 30 kann auf einen patientenspezifischen PEEP eingestellt werden. Der patientenspezifische PEEP kann im Vorfeld ermittelt und eingestellt werden. Bei gesunden Erwachsenen liegt der PEEP in der Regel zwischen 15 und 20 hPa. Bei vorgeschädigten Lungen und/oder unter der Operation kann ein höherer PEEP erforderlich sein. Der PEEP ist voreinstellbar und/oder während der Anwendung einstellbar.

20 Der Betriebsdruck des Druckregelungsventil 30 kann elektrisch einstellbar sein. Der Betriebsdruck des Druckregelungsventil 30 ist bevorzugt auf einen PEEP von 0 bis 100 hPa einstellbar, bevorzugt von 0 bis 80 hPa, besonders bevorzugt von 3 bis 80 hPa. Das Druckregelungsventil 30 ist eingerichtet und ausgebildet, beliebige Schaltstellungen in seinem Arbeitsbereich anzunehmen. Die Einstellung des Druckregelungsventils 30 kann manuell und/oder durch die Steuereinrichtung 101 gesteuert werden.

25 Das Druckregelungsventil 30 kann eingerichtet sein, dass lediglich für den Wechsel des Betriebsdrucks Strom benötigt wird. Somit kann das Druckregelungsventil 30 eingerichtet sein, in seiner voreingestellten Stellung zu verbleiben, ohne dass Strom benötigt wird.

30 In manchen Ausführungsformen kann das Druckregelungsventil 30 eingerichtet sein, dass es im stromlosen Zustand auf einen Grundzustand mit einem definierten Druck zurückfällt. Im stromlosen Grundzustand kann das PEEP-Ventil 30 beispielsweise auf einem Bereich zwischen 3 und 10 hPa passiv regeln. In einem konkreten Ausführungsbeispiel kann das PEEP-Ventil 30 beispielsweise passiv auf einen PEEP von 5 hPa regeln. Somit kann die Vorrichtung 100 auch in einer Notfallsituation, beispielsweise bei einem Stromausfall, einen PEEP von beispielsweise 5 hPa aufrechterhalten.

Zumindest der Byflow fließt permanent durch das PEEP-Ventil 30 fließt und dichtet dieses ab. Der Byflow wirkt sich positiv auf die Funktionsweise des PEEP-Ventils 30 aus.

35 Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, komplexe Manöver zur Ermittlung der optimalen Beatmungsparameter zu fahren. Beispielsweise kann der PEEP und/oder der Inspirationsdruck automatisch ermittelt werden. Beispielsweise können auch Schleifen (loops) über Drücke und/oder

Flüsse und/oder Volumen angewendet werden, wie beispielsweise Druck-Volumen-Loops (P-V-Loops). Somit kann die Vorrichtung vorteilhafterweise zur Beatmung und Anästhesie dienen und dennoch komplexe Manöver wie beispielsweise Loops oder PEEP-finder fahren.

Die Vorrichtung 100 kann eine Reihe von weiteren Ventilen umfassen, die der Sicherheit und/oder der Funktion der Vorrichtung dienen. Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 Ventile 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 umfassen. Die Ventile 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 können beispielsweise als Rückschlagventile ausgebildet sein. Rückschlagventile können den Fluss eines Gases, beispielsweise des Atemgasgemisches 5, in eine Richtung kontrollieren und/oder beschränken und/oder verhindern. Eine Öffnung des Rückschlagventils gibt den Durchfluss frei. Eine Schließung des Rückschlagventils sperrt den Durchfluss selektiv in mindestens einer Richtung ab. Rückschlagventile können ein Zurückströmen des Gases entgegen der Durchflussrichtung beschränken oder verhindern.

Die Ventile 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 können jeweils ausgebildet sein als

- Einfaches Rückschlagventil oder als
- Sperrbares Rückschlagventil mit beispielsweise einer Magnetspule oder als
- Einfaches, belastetes Rückschlagventil mit beispielsweise einer Feder oder als
- Verstellbares, belastetes Rückschlagventil mit beispielsweise einer Magnetspule und einer Feder oder als
- Stufenlos verstellbares, belastetes Rückschlagventil mit beispielsweise einer Magnetspule, einer Feder und einem Schrittmotor.

Einfache Rückschlagventile geben den Durchfluss nur in einer Richtung frei. Insbesondere die Ventile 21, 22, 23 können beispielsweise als einfache Rückschlagventile ausgebildet sein.

Sperrbare Rückschlagventile können in Ruhestellung den Durchfluss in einer Richtung freigeben und in einer Richtung absperren. Sperrbare Rückschlagventile können in einer aktiven Stellung, beispielsweise bei Bestromung der Magnetspule, den Durchfluss in beide Richtungen sperren. Das Ventil 28 kann bevorzugt als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet sein.

Belastete Rückschlagventile geben den Durchfluss nur in einer Richtung frei und sind in einer Ruhestellung geschlossen. Einfache, belastete Rückschlagventile sind beispielsweise mit einer Feder belastet und öffnen je nach Federeinstellung bei einem vordefinierten Druck (Arbeitsdruck). Der Arbeitsdruck bei einfachen federbelasteten Rückschlagventilen kann gleichbleibend sein. Das Ventil 27 kann bevorzugt als einfaches belastetes Rückschlagventil ausgebildet sein.

Der Arbeitsdruck bei verstellbaren federbelasteten Rückschlagventilen kann verstellbar sein. Die Verstellung des Arbeitsdruckes von belasteten Rückschlagventilen und die Sperrung von sperrbaren Rückschlagventilen kann automatisch und/oder manuell erfolgen. Eine Verstellung des Arbeitsdruckes der belasteten oder sperrbaren Rückschlagventile kann beispielsweise über die Federspannung und/oder mit einer Magnetspule und/oder mit einem Schrittmotor erfolgen. Verstellbare, belastete Rückschlagventile können beispielsweise neben der Feder auch eine Magnetspule umfassen, die der Federspannung zumindest teilweise oder vollständig entgegenwirken kann. Bei Bestromung der

Magnetspule wird die Federspannung reduziert oder ganz aufgehoben, so dass der Durchfluss erhöht oder freigegeben werden kann. Stromlos ist die Feder aktiv, so dass der Durchfluss reduziert oder geschlossen ist. Die Ventile 24, 25, 26 können beispielsweise als verstellbare, belastete Rückschlagventile mit Feder und Magnetspule ausgebildet sein. Ein zusätzlich umfasster Schrittmotor lässt eine stufenlose Verstellung des Durchflusses zu. Das APL-Ventil 29 kann beispielsweise als stufenlos verstellbares, belastetes Rückschlagventil mit Feder, Magnetspule und Schrittmotor ausgebildet sein.

Die Vorrichtung 100 kann beispielsweise mindestens ein einfaches Rückschlagventil 21, 22 umfassen. Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 zumindest ein erstes einfaches Rückschlagventil 21 im inspiratorischen Zweig 1 und zusätzlich oder alternativ zumindest ein zweites einfaches Rückschlagventil 22 im expiratorischen Zweig 2 aufweisen.

In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 können das erste Rückschlagventil 21 und/oder das zweite Rückschlagventil 22 somit in der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Die Anordnung mehrerer einfacher Rückschlagventile in der Atemgasleitung 4 kann in manchen Ausführungsformen auch sinnvoll und möglich sein (siehe Figur 4).

Das erste Rückschlagventil 21 kann in der Atemgasleitung 4 in Strömungsrichtung vor dem Gebläse 3 angeordnet sein. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist das erste Rückschlagventil 21 in Strömungsrichtung vor der Einmündung der ersten Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 angeordnet. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist das erste Rückschlagventil 21 in Strömungsrichtung nach der Einmündung der zweiten Frischgas-Zuleitung 7ii in die Atemgasleitung 4 angeordnet.

In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist das erste Rückschlagventil 21 in Strömungsrichtung vor der Einmündung der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in die Atemgasleitung 4 angeordnet. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist das erste Rückschlagventil 21 in Strömungsrichtung nach der Einmündung der zweiten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii in die Atemgasleitung 4 angeordnet.

Beispielsweise ist das erste Rückschlagventil 21 als einfaches Rückschlagventil ausgebildet. Denkbar ist in manchen Ausführungsformen auch, dass das erste Rückschlagventil 21 als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist (nicht gezeigt).

Das zweite Rückschlagventil 22 kann im expiratorischen Zweig 2 angeordnet sein. Das zweite Rückschlagventil 22 kann in der Atemgasleitung 4 in Strömungsrichtung nach der Patientenschnittstelle angeordnet sein. Beispielsweise ist das zweite Rückschlagventil 22 als einfaches Rückschlagventil ausgebildet. Denkbar ist in manchen Ausführungsformen auch, dass das zweite Rückschlagventil 22 als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist (nicht gezeigt).

Die Rückschlagventile 21, 22 können als einfache Rückschlagventile eingerichtet sein und ausgebildet sein, zumindest die Strömungsrichtung der Hauptströmung S zu kontrollieren. Das erste Rückschlagventil 21 kann eingerichtet und ausgebildet sein, zumindest die Strömungsrichtung der

Hauptströmung 5 zu kontrollieren und insbesondere einen Rückfluss des Atemgasgemisches 5 in das Reservoir 12 zu verhindern. Das zweite Rückschlagventil 22 kann eingerichtet und ausgebildet sein, zumindest die Strömungsrichtung der Hauptströmung 5 zu kontrollieren und insbesondere einen Rückfluss des Atemgasgemisches 5 zum Patienten 90 zu verhindern. Die Anordnung weiterer einfacher Rückschlagventile in der Atemgasleitung 4 sind möglich und beispielsweise in Figur 4 dargestellt (siehe unten).

Die Vorrichtung 100 kann darüber hinaus die Ventile 23, 24 umfassen, die in oder an der Atemgasleitung 4 angeordnet sind. Die Vorrichtung 100 kann gemäß der konkreten Ausführungsbeispiele gemäß Figur 1 und 4 zumindest ein erstes Sicherheitsventil 23 und/oder zumindest ein zweites Sicherheitsventil 24 umfassen.

Das erste Sicherheitsventil 23 und/oder das zweite Sicherheitsventil 24 kann in der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das erste Sicherheitsventil 23 und/oder das zweite Sicherheitsventil 24 kann in der Atemgasleitung 4 nach dem Gebläse 3 angeordnet sein. In den konkreten Ausführungsbeispielen gemäß Figur 1 und 4 sind die Sicherheitsventile 23 und 24 in der Atemgasleitung 4 direkt nach der Einmündung der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in die Atemgasleitung 4 und somit unmittelbar vor der Patientenschnittstelle angeordnet. Erstes Sicherheitsventil 23 und/oder zweites Sicherheitsventil 24 sind somit bevorzugt im inspiratorischen Zweig 1 angeordnet.

Die Sicherheitsventile 23, 24 sind bevorzugt gegenläufig zueinander angeordnet. Die Sicherheitsventile 23, 24 können eingerichtet und ausgebildet sein, die Sicherheit der Vorrichtung 100 in einer Notfallsituation zu gewährleisten. Eine Notfallsituation kann beispielsweise bei einem Stromausfall, bei geringer Stromverfügbarkeit oder bei einem technischen Defekt der Vorrichtung 100 oder Teilen der Vorrichtung 100 eintreten. Die Sicherheitsventile 23, 24 können zudem die Sicherheit der Vorrichtung 100 gewährleisten, wenn zu hohe und/oder zu niedrige Drücke in der Atemgasleitung 4 herrschen.

Über die Sicherheitsventile 23, 24 ist es möglich, dass der Patient eigenständig einatmen und/oder ausatmen kann. Über die Sicherheitsventile 23, 24 ist es auch möglich, dass der Patient manuell, z.B. per Handbeutel, beatmet werden kann. Die eigenständige Atmung und/oder manuelle Beatmung kann sodann lediglich über den inspiratorischen Zweig 1 der Vorrichtung 100 und die Sicherheitsventile 23, 24 erfolgen unter Umgehung der restlichen Elemente der Vorrichtung 100.

Das erste Sicherheitsventil 23 kann als Freiatemventil bzw. als inspiratorisches Mangelventil eingerichtet sein. Bevorzugt ist das erste Sicherheitsventil 23 als einfaches Rückschlagventil ausgebildet. Über das erste Sicherheitsventil 23 kann der Patient einatmen, wenn beispielsweise das Gebläse 3 ausfällt und keine Förderenergie liefert. Somit besteht die Möglichkeit, dass die Inspiration beispielsweise über das erste Sicherheitsventil 23 erfolgen kann. Das Inspirationsgas kann in dem Fall direkt aus der Umgebungsluft entnommen werden.

Das zweite Sicherheitsventil 24 kann als statisches Überdruckventil eingerichtet sein. Bevorzugt ist das zweite Sicherheitsventil 24 als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet. Beispielsweise kann das

zweite Sicherheitsventil 24 ein verstellbar federbelastetes Rückschlagventil sein. Bevorzugt besitzt das zweite Sicherheitsventil zusätzlich eine Magnetspule, mit der die Feder betätigt werden kann.

Das zweite Sicherheitsventil 24 kann mit einem konstanten Druck beaufschlagt werden, so dass das Sicherheitsventil 24 bei einem normalen Betrieb der Vorrichtung 100 verschlossen bleibt. Das zweite Sicherheitsventil 24 kann sodann öffnen, wenn der Druck in der Atemgasleitung 4 höher ist als der Arbeitsdruck des Sicherheitsventils 24, so dass Druck und/oder Volumen über das Sicherheitsventil 24 entweichen kann. Das zweite Sicherheitsventil 24 kann auch elektronisch, beispielsweise über eine Bestromung der Magnetspule, geöffnet werden. Das zweite Sicherheitsventil 24 kann somit als mechanisches und/oder als elektrisches Überdruckventil ausgebildet sein.

10 Wenn sich der Druck in der Atemgasleitung 4 erhöht, kann das zweite Sicherheitsventil 24 passiv und/oder aktiv öffnen. Der Druck in der Atemgasleitung 4 kann beispielsweise erhöht sein, wenn der expiratorische Weg versperrt ist, beispielsweise durch ein durch Verschmutzung oder Abknickung blockiertes Schlauchsystems 92.

Über das zweite Sicherheitsventil 24 besteht somit die Möglichkeit, dass in Notfallsituationen die Expiration erfolgen kann. Das expiratorische Atemgas  $S_{exp}$  kann in dem Fall über den inspiratorischen Zweig 1 und das zweite Sicherheitsventil 24 direkt in die Umgebungsluft abgegeben werden.

Die Vorrichtung 100 kann mindestens ein weiteres, bevorzugt eine Mehrzahl, Ventile 25, 26, 27, 28, 29 umfassen. Die Vorrichtung 100 kann in den konkreten Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren beispielhaft fünf weitere unterschiedlich angeordnete Ventile 25, 26, 27, 28, 29 umfassen. Die Ventile 25, 26, 27, 28, 29 werden zur besseren Übersichtlichkeit im Folgenden bezeichnet als Überlaufventil 25, Ablassventil 26, Einlassventil 27, Sperrventil 28, APL-Ventil 29.

Die Vorrichtung 100 kann mindestens ein Überlaufventil 25 umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens ein Ablassventil 26 umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens ein Einlassventil 27 umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens ein Sperrventil 28 umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 100 mindestens ein APL-Ventil 29 (*airway pressure limiting*-Ventil) umfassen.

Überlaufventil 25, Ablassventil 26, Einlassventil 27, und APL-Ventil 29 sind bevorzugt als federbelastete Rückschlagventile ausgebildet. Das Sperrventil 28 ist bevorzugt als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet.

Überlaufventil 25, Ablassventil 26, Einlassventil 27, Sperrventil 28 und APL-Ventil 29 können mit einem oder mit unterschiedlichen, verstellbaren Arbeitsdrücken eingestellt werden. Die Arbeitsdrücke können manuell und/oder automatisch eingestellt werden. Die Arbeitsdrücke können voreingestellt sein oder im laufenden Betrieb der Vorrichtung 100 -manuell oder automatisch - verstellt werden. Die Arbeitsdrücke von Überlaufventil 25, Ablassventil 26, Einlassventil 27, Sperrventil 28 und APL-Ventil 29 können mit mindestens einer Einstellung vordefiniert sein.

Das Einlassventil 27 kann derart eingestellt sein, dass der Arbeitsdruck über 0 hPa liegt, beispielsweise in einem Bereich von 0,1 hPa bis 10 hPa. Der Arbeitsdruck des Einlassventils 27 kann bevorzugt mit

einer Einstellung vordefiniert sein. In manchen Ausführungsformen kann der Arbeitsdruck des Einlassventils 27 auch mindestens zwei Einstellungen aufweisen. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 kann das Einlassventil 27 mit einem relativ niedrigen Arbeitsdruck eingestellt sein. Zum Beispiel kann der Arbeitsdruck des Einlassventils 27 auf 2 hPa eingestellt sein. In einer solchen Einstellung wird eine vollständige Entleerung des Reservoirs 12 bei maschineller Beatmung vermieden, da das Einlassventil 27 öffnet und Umgebungsluft in die Atemgasleitung 4 und/oder in die Reservoir-Leitung 13 einleiten kann.

Sperrventil 28 und/oder Ablassventil 26 und/oder Überlaufventil 25 können ebenfalls mit einer Einstellung vordefiniert sein. In bevorzugten Ausführungsformen können die Arbeitsdrücke von Sperrventil 28 und/oder Ablassventil 26 und/oder Überlaufventil 25 bevorzugt mit mindestens zwei unterschiedlichen Arbeitsdrücken und demnach in mindestens zwei Einstellungen betrieben werden. Die Arbeitsdrücke von Sperrventil 28 und/oder Ablassventil 26 und/oder Überlaufventil 25 können derart eingestellt sein, dass der Arbeitsdruck jeweils in einem Bereich von 0 hPa bis 200 hPa liegt. Beispielsweise können die Arbeitsdrücke von Sperrventil 28 und/oder Ablassventil 26 und/oder Überlaufventil 25 entweder mit mindestens einem relativ hohen Arbeitsdruck oder mit mindestens einem relativ niedrigen Arbeitsdruck betrieben werden.

Sperrventil 28 und/oder Ablassventil 26 und/oder Überlaufventil 25 können zwischen den mindestens zwei Einstellungen verstellbar eingerichtet sein. Bevorzugt kann der Arbeitsdruck manuell und/oder automatisch zumindest zwischen einer ersten Einstellung und einer zweiten Einstellung umgestellt werden. Bevorzugt kann der Arbeitsdruck zwischen einem eher niedrigen Arbeitsdruck und einem eher höheren Arbeitsdruck umgestellt werden. Ein niedriger Arbeitsdruck besteht definitionsgemäß bei Arbeitsdrücken kleiner als 50 hPa. Ein höherer Arbeitsdruck besteht bei Arbeitsdrücken größer als 50 hPa.

Beispielsweise kann der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 und/oder des Ablassventils 26 und/oder des Überlaufventils 25 in einer ersten Einstellung auf 10 hPa oder geringer eingestellt sein, bevorzugt auf 5 hPa oder geringer, beispielsweise 2 hPa oder geringer.

Beispielsweise kann der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 und/oder des Ablassventils 26 und/oder des Überlaufventils 25 in einer zweiten Einstellung auf 50 hPa oder höher, bevorzugt auf 100 hPa oder höher eingestellt sein.

Eine Einstellung auf einen eher niedrigen Arbeitsdruck von beispielsweise 2 hPa oder weniger bewirkt in der Vorrichtung, dass das entsprechende Ventil in einer quasi geöffneten Stellung steht und somit einen Gasdurchtritt ermöglicht.

Eine Einstellung auf einen eher hohen Arbeitsdruck von beispielsweise 100 hPa oder höher bewirkt in der Vorrichtung, dass das entsprechende Ventil in einer quasi geschlossenen Stellung steht und somit keinen Gasdurchtritt zulässt.

Der Arbeitsdruck des APL-Ventils 29 kann mindestens eine, bevorzugt mehrere, besonders bevorzugt eine Vielzahl von Einstellungen zulassen. Zu diesem Zwecke kann das APL-Ventil 29 mit einem Schrittmotor ausgestattet sein, der eine bevorzugt stufenlose Einstellung der Federspannung zulässt.

5 Überlaufventil 25 und/oder Ablassventil 26 und/oder APL-Ventil 29 können im oder am Fortleitungssystem 14 angeordnet sein. Durch das Überlaufventil 25, das Ablassventil 26 und das APL-Ventil 29 wird somit in der Regel lediglich expiratorisches Atemgase  $S_{\text{exp}}$  geleitet.

In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist die Anordnung der Ventile wie folgt:

10 Das Überlaufventil 25 kann beispielsweise in der ersten Leitung 14i des Fortleitungssystems 14 angeordnet sein. Das Überlaufventil 25 kann zwischen dem Reservoir 12 und dem Ausgang 14-A angeordnet sein. Das Überlaufventil 25 kann eingerichtet und ausgebildet sein, den Druck des Reservoirs 12 zu kontrollieren. Bevorzugt ist das Überlaufventil 25 als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet. Das Überlaufventil 25 kann eingerichtet und ausgebildet sein, Druck aus dem Reservoirs 12 abzulassen.

15 Das APL-Ventil 29 kann beispielsweise in der zweiten Leitung 14ii des Fortleitungssystems 14 angeordnet sein. Das Ablassventil 26 kann beispielsweise in der dritten Leitung 14iii des Fortleitungssystems 14 angeordnet sein. Ablassventil 26 und APL-Ventil 29 können beispielsweise in parallel angeordneten Leitungen 14ii, 14iii des Fortleitungssystems 14 angeordnet sein. Das Ablassventil 26 kann eingerichtet sein, Gase unter Umgehung des APL-Ventils fortzuleiten.

20 Das Einlassventil 27 kann in oder an der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Über das Einlassventil 27 kann Umgebungsluft in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden. Das Einlassventil 27 kann beispielsweise stromabwärts nach dem Trennmittel 40 an der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das Einlassventil 27 kann beispielsweise stromabwärts vor dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 an der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das Einlassventil 27 kann bevorzugt zwischen dem chemischen Trennmittel 40 und dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 abzweigen. Das Einlassventil 27 kann  
25 beispielsweise zwischen dem chemischen Trennmittel 40 und dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 optional Umgebungsluft in die Atemgasleitung 4 einspeisen. Die Einspeisung der Umgebungsluft über das Einlassventil 27 kann an einem Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 in die Atemgasleitung 4 erfolgen.

30 Das Sperrventil 28 kann in der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das Sperrventil 28 kann beispielsweise stromabwärts nach dem Trennmittel 40 angeordnet sein. Das Sperrventil 28 kann beispielsweise stromabwärts vor dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 angeordnet sein. Das Sperrventil 28 kann bevorzugt zwischen dem chemischen Trennmittel 40 und dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 angeordnet sein.

35 Die Ventile 25, 26, 27, 28, 29 sind insbesondere eingerichtet und ausgebildet, die Funktion der Vorrichtung 100 zu beeinflussen. Über unterschiedliche Funktionsweisen und/oder Einstellungen der Ventile 25, 26, 27, 28, 29 kann beispielsweise der Strömungsweg des Atemgasgemisches 5 beeinflusst werden. Über unterschiedliche Funktionsweisen und/oder Einstellungen der Ventile 25, 26, 27, 28, 29

kann beispielsweise geregelt werden, ob das Atemgasgemisch 5 im Kreislauf verbleibt und/oder über das Fortleitungssystem 14 fortgeleitet wird und/oder ob Umgebungsluft in das Atemgasgemisch 5 eingeleitet wird.

5 Insbesondere können das Sperrventil 28 und/oder das APL-Ventil 29 und/oder das Ablassventil 26 eingerichtet und ausgebildet sein, den Weg des Atemgasgemisches 5 zu kontrollieren. Je nach Einstellung des Arbeitsdruckes des Sperrventils 28 und/oder des APL-Ventils 29 und/oder des Ablassventils 26 kann das Atemgasgemisch 5 in einem geschlossenen Kreislauf oder in einem halboffenen Kreislauf geführt werden.

10 Ein geschlossener Kreislauf kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn die Vorrichtung 100 in einem Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika VA betrieben wird. Ein halboffener Kreislauf kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn die Vorrichtung 100 in einem TIVA-Modus betrieben wird. Ein halboffener Kreislauf kann auch sinnvoll sein, wenn die Vorrichtung 100 in einem Service-Modus, beispielsweise in einem Trocknungsmodus betrieben wird.

15 Über die Einstellungen der Ventile 25, 26, 27, 28, 29 und optional auch über die Einstellungen des Gebläses 3 und/oder des Druckentlastungsventil 30 sowie über die Betätigung des Reservoirs 12 kann die Vorrichtung 100 somit in unterschiedlichen Arbeitsmodi betrieben werden, wie im Folgenden beschrieben wird. Der Arbeitsmodus der Vorrichtung 100 kann manuell eingestellt und/oder automatisch von der Steuereinrichtung 101 vorgegeben werden.

20 Mit der Vorrichtung 100 können volatile Anästhetika VA appliziert, geleitet und insbesondere auch gezielt abgeleitet werden zur Entsorgung oder zur Wiederverwendung. Mit der Vorrichtung 100 kann jedoch auch eine Beatmung ohne volatile Anästhetika erreicht werden.

25 Die Vorrichtung 100 kann beispielsweise in einem Arbeitsmodus betrieben werden, der ausgewählt ist aus der Gruppe: Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika VA; Anästhesiemodus mit intravenös verabreichten Anästhetika (TIVA-Modus); Beatmungsmodus mit Anästhetika; Beatmungsmodus ohne Anästhetika wie beispielsweise O<sub>2</sub>-Therapie, High-Flow O<sub>2</sub>-Therapie (HFOT), CPAP, BiLevel, SIMV (*synchronized intermittent mandatory ventilation*). Grundsätzlich können mit der Vorrichtung 100 sämtliche Beatmungsmodi realisiert werden, die in der Intensivmedizin üblicherweise angewendet werden.

30 Die Vorrichtung 100 bietet den Vorteil, dass auch unter einer Anästhesie eine lungenprotektive Beatmung realisiert werden kann. Beispielsweise kann eine druckgesteuerte Beatmung durchgeführt werden, was für die Lunge eine relativ geringe Belastung bedeutet. Eine druckgesteuerte Beatmung ist insbesondere auch bei lungengeschädigten Patienten von Vorteil.

35 Die Steuereinrichtung 101 kann die Vorrichtung 100 derart regeln, dass die Vorrichtung 100 in unterschiedlichen Arbeitsmodi betrieben werden kann. Die Regelung kann beispielsweise über die unterschiedliche Einstellbarkeit der Bauteile Gebläse 3 und/oder Ventile 25, 26, 27, 28, 29 und/oder Druckentlastungsventil 30 erfolgen. Insbesondere kann über die Einstellungen der

Arbeitsdruckniveaus der federbelasteten Rückschlagventile 25, 26, 27, 28, 29 der Strömungsweg des Atemgasgemisches 5 und somit die Arbeitsweise der Vorrichtung 100 insgesamt beeinflusst werden.

Die Arbeitsmodus der Vorrichtung 100 kann vor Inbetriebnahme eingestellt werden oder im laufenden Betrieb gewechselt werden. Der Wechsel von einem in den anderen Arbeitsmodus kann manuell durch einen Anwender, beispielsweise durch medizinisches Fachpersonal, vorgenommen werden. Der Wechsel von einem in den anderen Arbeitsmodus kann auch automatisch durch die Steuereinrichtung 101 erfolgen, wenn sich die Bedingungen unter der Beatmung und/oder der Anästhesie ändern.

Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 in einem Anästhesiemodus oder einem Beatmungsmodus oder einem kombinierten Anästhesie- und Beatmungsmodus betrieben werden. Die Arbeitsmodi können jeweils auf unterschiedlichen Arten betrieben werden, beispielsweise als automatische Beatmung (Maschinenbeatmung), als manuelle Beatmung (Handbeatmung) oder im Fehlermodus.

Eine Handbeatmung kann unter anderem bei Einleitung und/oder Ausleiten einer Narkose, bei einer OP im Hals- oder Rachenraum und/oder in Notfallsituationen notwendig sein oder werden.

Eine Maschinenbeatmung kann beispielsweise unter einer Operation mit volatilen Anästhetika und/oder intravenös verabreichten Anästhetika angewandt werden. Eine Maschinenbeatmung kann auch zur Beatmung und/oder Atemunterstützung von Patienten verwendet werden, die nicht eigenständig atmen können oder eine Atemunterstützung benötigen.

Ein Betrieb im Fehlermodus kann zur Stromreduktion dienen und/oder bei Stromausfall, Software-Absturz oder einem sonstigen technischen Fehler notwendig werden. Ein Betrieb im Fehlermodus bietet einen sicheren Zustand, in dem eine Handbeatmung mit zumindest einem Frischgasfluss ermöglicht ist.

Die **Figuren 1A bis 1G** zeigen die Vorrichtung 100 des ersten Ausführungsbeispiels in verschiedenen Schaltungen und Einstellungen zur Realisierung verschiedener Arbeitsmodi. Inaktive und/oder blockierte Elemente und Verbindungen sind gestrichelt dargestellt, aktive und/oder freie Elemente und Verbindungen sind mit durchgehenden Linien gekennzeichnet.

In Bezug auf Elemente bedeutet aktiv hierin, dass die Elemente wie beschrieben wirken können und/oder von Gasen durchströmt werden. In Bezug auf Elemente bedeutet inaktiv hierin, dass die Elemente nicht ihre beschriebene Funktion ausüben und/oder nicht oder nur passiv von Gasen durchströmt werden. In Bezug auf Leitungen bedeutet aktiv hierin, dass Gase durch diese Leitung geleitet werden können und dass der Weg nicht, oder zumindest nicht vollständig, blockiert ist. In Bezug auf Leitungen bedeutet blockiert hierin, dass Gase nicht durch diese Leitung geleitet werden können und die Leitung bevorzugt hermetisch abgedichtet ist.

Die unterschiedlichen funktionalen Ventile, insbesondere das Überlaufventil 25, das Ablassventil 26, das Einlassventil 27, das Sperrventil 28 können zur Realisierung der unterschiedlichen Arbeitsmodi jeweils mit relativ hohen Arbeitsdrücken eingestellt sein oder mit relativ niedrigen Arbeitsdrücken.

Ein hoher Arbeitsdruck bedeutet im Sinne der Erfindung, dass das jeweilige Ventil geschlossen ist und den Gasdurchfluss in der Leitung, in der es sich befindet, blockiert. Ein hoher Arbeitsdruck kann beispielsweise vorliegen, wenn das entsprechende Ventil mit einem Arbeitsdruck von mehr als 50 hPa beaufschlagt wird, beispielsweise mit 100 hPa.

- 5 Ein niedriger Arbeitsdruck bedeutet im Sinne der Erfindung, dass das jeweilige Ventil geöffnet ist und den Gasdurchfluss in der Leitung, in der es sich befindet, zulassen kann. Ein niedriger Arbeitsdruck kann beispielsweise vorliegen, wenn das entsprechende Ventil mit einem Arbeitsdruck von weniger als 10 hPa beaufschlagt wird, beispielsweise mit 2 hPa oder mit weniger als 0,5 hPa.

10 Der Arbeitsdruck des APL-Ventils 29 kann bevorzugt stufenlos eingestellt werden und eine Vielzahl von Einstellungen zulassen. Das APL-Ventil 29 kann den Gasdurchfluss in der entsprechenden Leitung somit beschränken und/oder verhindern.

15 Das APL-Ventil 29 ist bevorzugt als elektrisch einstellbares Ventil ausgebildet. Das APL-Ventil 29 ist eingerichtet, einen Inspirationsdruck  $P_{insp}$  zu regeln. Das APL-Ventil 29 kann bewirken, dass Atemgasgemisch 5 über den Ausgang 14-A ableitbar ist, wenn der Druck in der Atemgasleitung 4 den inspiratorischen Druck  $P_{insp}$  übersteigt. In bevorzugten Ausführungsformen ist das APL-Ventil 29 als regelbar belastetes Rückschlagventil mit einem Schrittmotor eingerichtet. Bevorzugt ist das APL-Ventil 29 eingerichtet, ohne Bestromung in seiner zuletzt eingestellten Position zu verbleiben. Somit kann das APL-Ventil 29 ohne Bestromung auf den zuletzt eingestellten Inspirationsdruck  $P_{insp}$  regeln. Dies ist insbesondere bei einem Stromausfall von Vorteil, da das APL-Ventil 29 dadurch seine Funktion  
20 weiter ausüben kann.

Das APL-Ventil 29 kann in bevorzugten Ausführungsbeispielen als digitales APL-Ventil 29 ausgebildet sein. Das APL-Ventil 29 kann bevorzugt automatisch von der Software bzw. von der Steuereinrichtung 101 geregelt werden. Das APL-Ventil kann alternativ oder zusätzlich auch manuell bedienbar sein. So hat das medizinische Personal die Möglichkeit, das APL-Ventil bei Bedarf auch per Hand, z.B. anhand eines haptischen Encoders (Drehgriff) zu bedienen und das APL zu belasten oder zu entlasten.  
25

**Figur 1A** zeigt die Vorrichtung 100 in einem ersten Arbeitsmodus M1 für eine manuelle Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika. Aus Figur 1A wird ersichtlich, dass das Gebläse 3 im ersten Arbeitsmodus M1 inaktiv ist. Ein inaktives Gebläse 3 bedeutet, dass das Gebläse 3 keine Förderenergie liefert. Das Lüfterrad des Gebläses 3 wird in dem inaktiven Gebläse nicht angetrieben. Das Gebläse 3  
30 kann in einem inaktiven Zustand von dem Atemgasgemisch 5 durchströmt werden. Im ersten Arbeitsmodus M1 liefert das Reservoir 12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5. Das Reservoir 12, das beispielsweise in Form eines Handbeutels ausgebildet sein kann, wird im ersten Arbeitsmodus M1 manuell oder automatisch betrieben. Das Reservoir 12 kann somit im ersten Arbeitsmodus M1 die Atemenergie liefern.

35 Bei Betätigung des Reservoirs 12 wird das Atemgasgemisch 5 in die Reservoir-Leitung 13 gefördert. Das Überlaufventil 25 ist mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt und blockiert die erste Leitung 14i. Somit kann das Atemgasgemisch 5 von der Reservoir-Leitung 13 in den inspiratorischen Zweig 1

der Atemgasleitung 4 eingeleitet werden. Das Rückschlagventil 21 verhindert ein Rückströmen des Atemgasgemisches 5 in die Reservoir-Leitung 13.

Im ersten Arbeitsmodus M1 ist das Frischgas-Modul 6 aktiv. Im ersten Arbeitsmodus M1 befindet sich das Frischgas-Schaltventil 32 in seiner Grundstellung, so dass Frischgas über die erste Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden kann. Im ersten Arbeitsmodus M1 ist die erste Frischgas-Zuleitung 7i aktiv. Im ersten Arbeitsmodus M1 ist die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii inaktiv. Die Frischgaseinleitung kann sodann in Strömungsrichtung hinter das Rückschlagventil 21 erfolgen. Der Frischgas-Einspeisepunkt 207 kann sodann zwischen dem ersten Rückschlagventil 21 und dem Verdunstungselement 8a (und somit der Anästhetika-Einspeisung 209) angeordnet sein. Die Frischgaseinleitung kann bevorzugt mit einem konstanten Flow erfolgen. Das Frischgas kann sodann zumindest einen Byflow ausbilden.

Im ersten Arbeitsmodus M1 ist das Anästhetika-Modul 8 aktiv. Im ersten Arbeitsmodus M1 können volatile Anästhetika VA über das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 in das Verdunstungselement 8a eingeleitet und somit dem Atemgasgemisch 5 bedarfsgerecht beigefügt werden. Das Atemgasgemisch 5 kann über den Frischgas-Byflow optimal mit volatilen Anästhetika VA angereichert werden.

Im ersten Arbeitsmodus M1 ist das Sauerstoff-Modul 10 aktiv. Ein aktives Sauerstoff-Modul 10 bedeutet, dass über den O<sub>2</sub>-Flush 10 eine Sauerstoffeinleitung *optional* erfolgen kann. Im ersten Arbeitsmodus M1 befindet sich das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 in seiner Grundstellung, so dass optional Sauerstoff über die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden kann. Im ersten Arbeitsmodus M1 ist die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i aktiv. Im ersten Arbeitsmodus M1 ist die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii inaktiv. Die Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 kann optional erfolgen nach (manueller oder automatischer) Betätigung des O<sub>2</sub>-Flushes 10. Sodann erfolgt die Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 und die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in Strömungsrichtung hinter das Gebläse 3 und vor die Sicherheitsventile 23,24. Der O<sub>2</sub>-Flush-Einspeisepunkt 211 kann sodann zwischen dem Gebläse 3 und den Sicherheitsventilen 23,24 angeordnet sein. Dies bietet den Vorteil, dass die volatilen Anästhetika bei Bedarf über eine Sauerstoff-Flutung der Lunge rasch ausgewaschen werden können. Der O<sub>2</sub>-Flush 10 kann auch zum Füllen des Reservoirs 12, z.B. nach einer Leckage, verwendet werden. Sodann fließt der Sauerstoff aus dem O<sub>2</sub>-Flush 10 über den Einspeisepunkt 211 in die Atemgasleitung 4 und von dort in Strömungsrichtung S durch den inspiratorischen Zweig 1 und den expiratorischen Zweig 2 zum Reservoir 12.

Im ersten Arbeitsmodus M1 kann der Patient über den inspiratorischen Zweig 1 manuell mit inspiratorischen Atemgas  $5_{\text{insp}}$  und optional mit volatilen Anästhetika VA versorgt werden. Im ersten Arbeitsmodus M1 kann zudem der expiratorische Zweig 2 mit seinen Elementen aktiv sein und expiratorisches Atemgas  $5_{\text{exp}}$  abführen. Im ersten Arbeitsmodus M1 kann das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  über den expiratorischen Zweig 2 vom Patienten weggeleitet werden. Das Rückschlagventil 22 verhindert ein Rückströmen des expiratorischen Atemgases  $5_{\text{exp}}$  zum Patienten. Das PEEP-Ventil 30 ist aktiv und mit einem individuellen PEEP eingestellt.

Die Hauptströmungsrichtung S des Atemgasgemisches 5 verläuft über den inspiratorischen Zweig 1 in Richtung zur Patientenschnittstelle und von der Patientenschnittstelle in den expiratorischen Zweig 2. Die Sensoren 16,17,18,19,20, 39 sind im ersten Arbeitsmodus M1 aktiv.

Die Ventile 26,28,29 sind im Arbeitsmodus M1 derart geschaltet, dass das Atemgasgemisch 5 im expiratorischen Zweig 2 zwei verschiedene Wege nehmen kann: Das Atemgasgemisch 5 bzw. Anteile des Atemgasgemisches 5 kann in Richtung der Hauptströmung S im Kreislauf geleitet werden und/oder durch das Fortleitungssystem 14 aus dem Kreislauf abgeleitet werden.

Das Sperrventil 28 ist im ersten Arbeitsmodus M1 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und gibt die Atemgasleitung 4 frei. Das Sperrventil 28 kann im ersten Arbeitsmodus ohne Einwirkung der Magnetspule als einfaches Rückschlagventil wirken. Dadurch kann das Atemgasgemisch 5 im Arbeitsmodus M1 zumindest teilweise in Richtung der Hauptströmung S im Kreislauf geleitet werden. Sodann wird das Atemgasgemisch 5 vom expiratorischen Zweig 2 wieder in den inspiratorischen Zweig 1 eingeleitet. Dabei passiert das Atemgasgemisch 5 das Trennmittel 40 und das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41, die im ersten Arbeitsmodus M1 aktiv sind. Im Trennmittel 40 wird CO<sub>2</sub> abgeschieden und im Feuchtigkeits-Modul 41 kann dem Atemgasgemisch 5 Feuchtigkeit entzogen werden. Im inspiratorischen Zweig 1 kann dem Atemgasgemisch 5 wieder Frischgas und/oder Sauerstoff und/oder Anästhetika zugeführt werden.

Durch die Einstellungen des Ablassventils 26 und des APL-Ventils 29 kann beeinflusst werden, ob die zweite Leitung 14ii und die dritte Leitung 14iii aktiv und somit gasleitend sind. Aus Figur 1A wird ersichtlich, dass im ersten Arbeitsmodus M1 die zweite Leitung 14ii aktiv ist und die dritte Leitung 14iii blockiert ist.

Das Ablassventil 26 ist im ersten Arbeitsmodus M1 mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt und blockiert die dritte Leitung 14iii. Das APL-Ventil 29 ist im ersten Arbeitsmodus M1 mit einem Arbeitsdruck beaufschlagt, der den Gasdurchfluss der zweiten Leitung 14ii beschränkt freigibt. Dadurch kann das Atemgasgemisch 5 zumindest teilweise durch die zweite Leitung 14ii des Fortleitungssystems 14 aus dem Kreislauf abgeleitet werden.

Das APL-Ventil 29 kann auf einen patientenspezifischen Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> eingestellt werden. Der patientenspezifische Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> kann im Vorfeld ermittelt und eingestellt werden. Bei gesunden Erwachsenen liegt der Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> in der Regel zwischen 20 und 25 hPa. Bei vorgeschädigten Lungen und/oder unter der Operation kann ein höherer Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> erforderlich sein oder werden. Der Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> ist voreinstellbar und auch während der Anwendung einstellbar. Die Einstellung des APL-Ventils 29 kann manuell und/oder durch die Steuereinrichtung 101 gesteuert werden.

Durch Ableitung eines Teilgases aus dem Kreislauf kann das APL-Ventil 29 den maximalen Druck während der Inspiration limitieren. Zudem kann über die Ableitung eines Teilgases gewährleistet werden, dass ein Gasaustausch stattfindet. Über den Gasaustausch können Metabolite der Lunge (wie beispielsweise Methan oder Ammoniak) aus dem Kreislauf entfernt werden. Frischgas und/oder Sauerstoff und/oder Anästhetika können dem Kreislauf bedarfsabhängig zugeführt werden.

Während der Inspiration wird das Reservoir 12 aktiv betätigt. Das Atemgasgemisch 5 gelangt über das Y-Stück 93 zum Patienten, bis der am APL-Ventil 29 eingestellte Inspirationsdruck  $P_{insp}$  im Patienten erreicht ist. Sodann kann ein inspiratorisches Plateau gehalten werden, in der kein Flow vom oder zum Patienten fließt.

- 5 Während der Expiration wird die Betätigung des Reservoirs 12 beendet. Das Atemgasgemisch 5 gelangt vom Patienten über das Y-Stück 93 in den expiratorischen Zweig 2, der Druck fällt auf den am Druckregelungsventil 30 eingestellten PEEP. Sodann besteht ein expiratorisches Plateau, in der kein Flow vom oder zum Patienten fließt.

10 Bei einer Handbeatmung wird immer mit einem überschüssigem Frischgasflow gearbeitet. Das überschüssige Volumen kann nur in der Inspiration in das Fortleitungssystem 14 entlassen werden. Das Reservoir 12 muss dann stets mehr als nur für das Patientenvolumen ausgerückt werden.

**Figur 1B** zeigt die Vorrichtung 100 in einem zweiten Arbeitsmodus M2 für eine automatische Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika. Aus Figur 1B wird ersichtlich, dass das Gebläse 3 im zweiten Arbeitsmodus M2 aktiv ist. Das aktive Gebläse 3 liefert die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5. Das Lüfterrad des Gebläses 3 wird angetrieben und fördert das Atemgasgemisch 5. Das Gebläse 3 kann im zweiten Arbeitsmodus M2 den erforderlichen Patientenflow und einen konstanten Byflow generieren. Das Gebläse 3 kann im zweiten Arbeitsmodus M2 ein eingestelltes Flowmuster erzeugen. Im zweiten Arbeitsmodus M2 dient das Reservoir 12 als Speicher für einen Teil des Atemgasgemisches 5. Im zweiten Arbeitsmodus M2 liefert das Reservoir 12 keine Förderenergie für das Atemgasgemisch 5. Im zweiten Arbeitsmodus M2 kann das Reservoir 12 zumindest teilweise das Volumen für das Gebläse 3 liefern.

25 Im zweiten Arbeitsmodus M2 befinden sich das Frischgas-Schaltventil 32 und das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 in der Grundstellung, so dass Frischgas über die erste Frischgas-Zuleitung 7i und optional Sauerstoff über die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden kann. Die Frischgaseinleitung kann im zweiten Arbeitsmodus M2 in Strömungsrichtung hinter das Rückschlagventil 21 erfolgen. Die Frischgaseinleitung kann bevorzugt mit einem konstanten Flow erfolgen. Das Frischgas bildet gemeinsam mit dem Gebläseflow einen Byflow.

30 Im zweiten Arbeitsmodus M2 ist das Anästhetika-Modul 8 aktiv. Im zweiten Arbeitsmodus M2 können volatile Anästhetika VA über das Anästhetika-Modul 8 und die Anästhetika-Zuleitung 9 in das Verdunstungselement 8a eingeleitet und somit dem Atemgasgemisch 5 bedarfsgerecht beigefügt werden. Das Atemgasgemisch 5 kann über den Byflow optimal mit volatilen Anästhetika VA angereichert werden.

35 Im zweiten Arbeitsmodus M2 kann der Patient über den inspiratorischen Zweig 1 mit inspiratorischen Atemgas  $5_{insp}$  und optional mit volatilen Anästhetika versorgt werden. Im zweiten Arbeitsmodus M2 kann zudem der expiratorische Zweig 2 aktiv sein, so dass das expiratorische Atemgas  $5_{exp}$  über den expiratorischen Zweig 2 vom Patienten weggeleitet wird. Die Rückschlagventile 21,22 verhindern ein Rückströmen des Atemgasgemisches 5 entgegen der Hauptströmungsrichtung 5. Das PEEP-Ventil 30 ist aktiv und mit einem individuellen PEEP eingestellt.

Die Hauptströmungsrichtung S des Atemgasgemisches 5 verläuft über den inspiratorischen Zweig 1 in Richtung zur Patientenschnittstelle und von der Patientenschnittstelle über den expiratorischen Zweig 2. Sodann wird das Atemgasgemisch 5 vom expiratorischen Zweig 2 wieder in den inspiratorischen Zweig 1 und/oder das Reservoir 12 eingeleitet.

- 5 Das Atemgasgemisch 5 fließt in der Inspiration größtenteils in den Patienten, bis ein inspiratorisches Plateau erreicht ist. Der Byflow fließt durch den expiratorischen Zweig 2. Bei Erreichen des inspiratorischen Plateaus fördert das Gebläse 3 überwiegend den Byflow, der den Kreislauf K1 spült. Der Byflow füllt in dieser Phase das Reservoir 12 wieder auf.

10 Die Ventile 26,28,29 sind im zweiten Arbeitsmodus M2 derart geschaltet, dass das Atemgasgemisch 5 im Wesentlichen im Kreislauf entlang der Hauptströmungsrichtung S verläuft: Das Sperrventil 28 ist im zweiten Arbeitsmodus M2 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und gibt die Atemgasleitung 4 frei. Das APL-Ventil 29 ist mit einem höheren Arbeitsdruck beaufschlagt als das Sperrventil 28 und blockiert somit die zweite Leitung 14ii. Das Ablassventil 26 ist mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt und blockiert die dritte Leitung 14iii.

- 15 Dadurch kann das Atemgasgemisch 5 im zweiten Arbeitsmodus M2 in Richtung der Hauptströmung S im Kreislauf geleitet werden. Sodann wird das Atemgasgemisch 5 vom expiratorischen Zweig 2 wieder in den inspiratorischen Zweig 1 eingeleitet. Dabei passiert das Atemgasgemisch 5 das Trennmittel 40 und das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41. Im Trennmittel 40 wird CO<sub>2</sub> abgeschieden und im Feuchtigkeits-Modul 41 kann dem Atemgasgemisch 5 Feuchtigkeit entzogen werden. Im  
20 inspiratorischen Zweig 1 kann dem Atemgasgemisch 5 wieder Frischgas und/oder Sauerstoff und/oder Anästhetika zugeführt werden.

Im zweiten Arbeitsmodus M2 ist das Überlaufventil 25 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und kann die erste Leitung 14i freigeben. Somit kann das Atemgasgemisch 5 bzw. Anteile des Atemgasgemisches 5 durch die erste Leitung 14i des Fortleitungssystems 14 zum Ausgang 14-A geleitet  
25 werden und an die Umgebung abgegeben werden. Wenn das Reservoir 12 voll ist, also wenn der Druck des Reservoirs 12 den eingestellten Druck des Überlaufventils 25 übersteigt, kann über die erste Leitung 14i und durch das Überlaufventil 25 Atemgas aus dem Reservoir 12 zum Ausgang 14-A abgeleitet werden. Dadurch kann effektiv eine Überfüllung 12 des Reservoirs 12 verhindert werden. Eine Überfüllung des Reservoirs 12 könnte dieses beschädigen und/oder zum Platzen bringen.

- 30 Das Einlassventil 27 kann als Volumen- und/oder Flussmangelventil ausgebildet sein. Das Einlassventil 27 kann auf einen geringen Arbeitsdruck eingestellt sein. Das Einlassventil 27 ist bevorzugt derart eingestellt, dass dem Kreislauf bei einem Unterdruck in der Atemgasleitung 4 Außenluft zugeführt werden kann. Im zweiten Arbeitsmodus M2 kann ein Unterdruck in der Atemgasleitung 4 beispielsweise bei einer (ungewollten oder gewollten) Leckage entstehen. Ein Betrieb des Gebläses 3  
35 bei einer vorhandenen Leckage im System kann verursachen, dass das Reservoir 12 leerläuft und ein Unterdruck in der Atemgasleitung 4 entsteht. Ein Unterdruck in der Atemgasleitung 4 kann das Einlassventil 27 öffnen, so dass der Atemgasleitung 4 über das Einlassventil 27 Umgebungsluft

zugeführt werden kann. Beispielsweise ist das Einlassventil 27 mit einem Arbeitsdruck von 2hPa eingestellt. Dies entspricht dem Druck des gefüllten Reservoirs 12.

5 Betrachtet man beispielsweise die Figuren 1A und 1B zeigt sich, dass das Atemgasgemisch 5 in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf und/oder in einem im Wesentlichen halboffenen Kreislauf geleitet werden kann. Hierbei ist das Zusammenspiel des Sperrventils 28, des Ablassventils 26 und des APL-Ventils 29 wesentlich. Das Zusammenspiel der Ventile 26.28.29 kann wie folgt erfolgen:

10 Bei einem gering eingestellten Arbeitsdruck des Sperrventils 28 und einem hoch eingestelltem Arbeitsdruck des Ablassventils 26 und des APL-Ventils 29 kann das Atemgasgemisch 5 in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf geführt werden. Der geschlossene Kreislauf besteht, wenn der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 kleiner ist als der Arbeitsdruck des Ablassventils 26 und des APL-Ventils 29. Dadurch, dass der jeweilige Arbeitsdruck von Ablassventil 26 und APL-Ventil 29 höher ist als der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 ist der Weg zum Ausgang 14-A blockiert. Dadurch, dass der jeweilige Arbeitsdruck von Ablassventil 26 und APL-Ventil 29 höher ist als der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 ist der Weg der Atemgasleitung 4 zum Trennmittel 40 und/oder zum Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 geöffnet.

20 Bei einem hohen Arbeitsdruck des Sperrventils 28 und jeweils niedrigen Arbeitsdrücken von Ablassventil 26 und/oder APL-Ventil 29 kann das Atemgasgemisch 5 in einem halboffenen Kreislauf geführt werden. Der halboffene Kreislauf besteht, wenn der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 größer ist als der jeweilige Arbeitsdruck von Ablassventil 26 und APL-Ventil 29. In diesem Fall blockiert das Sperrventil 29 den Weg zum Gebläse 3. Die Strömungsrichtung des Atemgasgemisches 4 verläuft sodann – grob skizziert - von dem Gebläse 3 über den inspiratorischen Zweig 1 zur Patientenschnittstelle und zum Patienten 90 und vom Patienten 90 über den expiratorischen Zweig 2 zum Ausgang 14-A. Dadurch, dass der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 höher ist als die jeweiligen Arbeitsdrücke von Ablassventil 26 und APL-Ventil 29 ist der Weg zum chemischen Trennmittel 40 bzw. zum Gebläse 3 blockiert. Dadurch, dass der Arbeitsdruck des Sperrventils 28 höher ist als die jeweiligen Arbeitsdrücke von Ablassventil 26 und APL-Ventil 29 ist der Weg zum Ausgang 14-A geöffnet.

Figur 1C zeigt die Vorrichtung 100 in einem dritten Arbeitsmodus M3 für eine manuelle Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika. Figur 1D zeigt die Vorrichtung 100 in einem vierten Arbeitsmodus M4 für eine automatische Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika.

30 Alternativ oder zusätzlich zur Anwendung mit volatilen Anästhetika kann die Vorrichtung 100 in Arbeitsmodi ohne eine Applikation volatiler Anästhetika betreiben werden. Die Vorrichtung 100 ist somit auch ausgebildet und eingerichtet, den Patienten ohne volatile Anästhetika zu beatmen. Somit kann die Vorrichtung 100 auch unter Anwendung einer Total-Intravenöse Anästhesie (TIVA) verwendet werden und/oder unter Anwendung lokaler Anästhesien wie beispielsweise einer Rückenmarksanästhesie. Bei einer TIVA werden Anästhetika, beispielweise Propofol, in den Blutkreislauf injiziert. Eine zusätzliche Anästhesie mit Inhalationsnarkotika ist möglich. Die Vorrichtung 100 bietet den Vorteil, dass sie eine Beatmung in Kombination mit einer Total-Intravenöse Anästhesie zulässt, wobei alternativ oder zusätzlich auch volatile Anästhetika VA über die Atemwege zugeführt

werden können. In Arbeitsmodi ohne die Zugabe von Inhalationsanästhetika VA kann die Vorrichtung 100 beispielsweise in einem offenen und/oder halboffenen Kreislauf betrieben werden. In einem Betrieb ohne Inhalationsanästhetika VA kann das Atemgas in die Umgebung abgeführt werden. Im Arbeitsmodi ohne die Zugabe von Inhalationsanästhetika VA kann das Atemgasgemisch je Atemphase (Inspiration und Expiration) komplett ausgetauscht werden. Somit wird das Minutenvolumen stets neu bereitgestellt. Für die Behandlung eines Erwachsenen bedeutet das, dass durchschnittlich etwa 6 l/min Atemgasgemisch bereitgestellt und appliziert werden.

**Figur 1C** zeigt, dass das Gebläse 3 im dritten Arbeitsmodus M3 inaktiv ist, so dass das Gebläse 3 von dem Atemgasgemisch 5 lediglich durchströmt wird. Im dritten Arbeitsmodus M3 liefert das Reservoir 12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 und somit die Atemenergie.

Im dritten Arbeitsmodus M3 ist das Anästhetika-Modul 8 in der Regel inaktiv. Im dritten Arbeitsmodus M3 werden dem Atemgasgemisch 5 in der Regel keine volatilen Anästhetika VA beigefügt.

Bei Betätigung des Reservoirs 12 wird das Atemgasgemisch 5 in die Reservoir-Leitung 13 gefördert. Von der Reservoir-Leitung 13 wird das Atemgasgemisch 5 in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 eingeleitet. Das Rückschlagventil 21 verhindert ein Rückströmen des Atemgasgemisches 5 in die Reservoir-Leitung 5.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das Frischgas-Schaltventil 32 bevorzugt derart geschaltet sein, dass Frischgas über die zweite Frischgas-Zuleitung 7ii in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden kann. Die Frischgaseinleitung kann sodann in Strömungsrichtung vor das erste Rückschlagventil 21 erfolgen.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 bevorzugt derart geschaltet sein, dass optional Sauerstoff über die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii in die Atemgasleitung 4 eingeleitet werden kann. Die Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 kann optional erfolgen nach (manueller oder automatischer) Betätigung des O<sub>2</sub>-Flushes 10. Sodann erfolgt die Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 und die zweite O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11ii in Strömungsrichtung vor das Gebläse 3. Die Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 erfolgt im dritten Arbeitsmodus M3 bevorzugt in Strömungsrichtung vor das erste Rückschlagventil 21.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann somit Frischgas und/oder Sauerstoff vor dem ersten Rückschlagventil 21 in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden und somit das Reservoir 12 bei Bedarf füllen.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann der Patient zumindest über den inspiratorischen Zweig 1 manuell mit inspiratorischen Atemgas  $S_{insp}$  versorgt werden. Im dritten Arbeitsmodus M3 kann zudem der expiratorische Zweig 2 mit seinen Elementen aktiv sein. Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das expiratorische Atemgas  $S_{exp}$  über den expiratorischen Zweig 2 vom Patienten weggeleitet werden. Das PEEP-Ventil 30 ist hierbei aktiv und mit einem individuellen PEEP eingestellt. Das PEEP-Ventil 30 kann auf den eingestellten PEEP-Druck regeln.

Die Hauptströmungsrichtung S des Atemgasgemisches 5 verläuft über den inspiratorischen Zweig 1 in Richtung zur Patientenschnittstelle und von der Patientenschnittstelle über den expiratorischen

Zweig 2. Im Arbeitsmodus M3 werden in der Regel keine volatilen Anästhetika VA appliziert, so dass die Atemgase nicht in einem geschlossenen Kreislauf geführt werden müssen. Im Arbeitsmodus M3 kann das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  über den expiratorischen Zweig 2 und das Fortleitungssystem 14 in die Umgebung abgeleitet werden. Das Atemgasgemisch 5 wird im dritten Arbeitsmodus M3 in einem halboffenen Kreislauf geführt, das heißt die Inspiration verläuft über den inspiratorischen Zweig 1 und die Expiration verläuft über den expiratorischen Zweig 2, wobei das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  über das Fortleitungssystem 14 abgeleitet wird und nicht wieder dem inspiratorischen Zweig 1 zugeführt wird.

Zu diesem Zweck kann das Sperrventil 28 im dritten Arbeitsmodus M3 mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt sein und die Verbindung zwischen inspiratorischem Zweig 1 und expiratorischen Zweig 2 derart blockieren, dass das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  nicht wieder in den inspiratorischen Zweig eingeleitet werden kann. Das Trennmittel 40 und das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 werden im dritten Arbeitsmodus M3 nicht von Atemgasen durchströmt und sind inaktiv.

Im dritten Arbeitsmodus M3 ist das Ablassventil 26 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und gibt die dritte Leitung 14iii frei. Das APL-Ventil 29 ist mit einem höheren Arbeitsdruck beaufschlagt als das Ablassventil 26 und blockiert somit die zweite Leitung 14ii.

Durch den niedrigen Arbeitsdruck des Ablassventils 26 wird das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  über die dritte Leitung zum Ausgang 14-A und in die Umgebung abgeleitet unter Umgehung des APL-Ventils 29. Im dritten Arbeitsmodus M3 ist das APL-Ventil 29 inaktiv, so dass das PEEP-Ventil 30 auch den Inspirationsdruck  $P_{\text{insp}}$  vorgibt. Der PEEP entspricht im dritten Arbeitsmodus M3 dem Inspirationsdruck  $P_{\text{insp}}$ . Während der Expiration regelt das PEEP-Ventil 30 auf den PEEP-Druck. Während der Inspiration regelt das PEEP-Ventil 30 den inspiratorischen Patientendruck.

Im dritten Arbeitsmodus M3 wird das Atemgasgemisch 5 nicht aufbereitet, sondern das gesamte eingesetzte Gas über das Fortleitungssystem 14 in die Umgebung entlassen.

**Figur 1D** zeigt, dass das Atemgasgemisch 5 im vierten Arbeitsmodus M4 ähnlich zum dritten Arbeitsmodus M3 in einem halboffenen Kreislauf geführt wird. Der Strömungsweg des vierten Arbeitsmodus M4 entspricht im Wesentlichen dem des dritten Arbeitsmodus M3.

Im Unterschied zum dritten Arbeitsmodus ist das Gebläse 3 im vierten Arbeitsmodus M4 aktiv und liefert die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5. Im vierten Arbeitsmodus M4 kann das Gebläse 3 den erforderlichen Patientenflow und einen konstanten Byflow generieren. Das Gebläse 3 kann im vierten Arbeitsmodus M4 ein eingestelltes Patientenflow-Muster dynamisch erzeugen. Im vierten Arbeitsmodus M4 kann das Reservoir 12 zumindest teilweise das Volumen für das Gebläse 3 liefern. Die Frischgaseinleitung kann bevorzugt mit einem konstanten Flow erfolgen. Das Frischgas bildet gemeinsam mit dem Gebläseflow einen Byflow.

Durch das aktive Gebläse 3 wird im inspiratorischen Zweig 1 ein Unterdruck vor dem Gebläse 3 erzeugt, so dass im vierten Arbeitsmodus M4 das Einlassventil 27 aktiviert werden kann. Wenn die Frischgas-

und/oder Sauerstoff-Einspeisung zu gering ist, kann somit über das Einlassventil 27 Umgebungsluft in die Atemgasleitung 4 gefördert werden.

5 Im vierten Arbeitsmodus M4 ist das Überlaufventil 25 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und kann die erste Leitung 14i freigeben. Somit kann das Atemgasgemisch 5 zumindest teilweise durch die erste Leitung 14i zum Ausgang 14-A geleitet werden und an die Umgebung abgegeben werden. Das Überlaufventil 25 kann eingerichtet und ausgebildet sein, das Reservoir 12 vor Überdehnung und/oder Zerstörung zu schützen.

10 Im vierten Arbeitsmodus M4 kann Frischgas über das Frischgas-Modul 6 und/oder Sauerstoff über den O2-Flush 10 vor das erste Rückschlagventil 21 in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden und das Reservoir 12 bei Bedarf rasch füllen. Eine Überfüllung des Reservoirs 12 kann durch das Überlaufventil 25 effektiv verhindert werden.

Figur 1E zeigt die Vorrichtung 100 in einem fünften Arbeitsmodus M5 für eine manuelle Beatmung in einem Notfallmodus.

15 Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, mit dem fünften Arbeitsmodus M5 auch in Notfallsituationen sicher betrieben werden zu können. Eine Notfallsituation kann beispielsweise eintreten, wenn die primäre Stromquelle 103 und/oder die sekundären Stromquellen 104 ausfallen. Eine Notfallsituationen kann beispielsweise auch eintreten, wenn die primäre Stromquelle 103 und/oder die sekundären Stromquellen 104 nur eingeschränkt Energie bereitstellen können. In einer Notfallsituation kann die Stromversorgung reduziert zur Verfügung stehen oder ganz ausfallen. Im  
20 fünften Arbeitsmodus M5 kann die Vorrichtung 100 stromlos und/oder stromsparend betrieben werden. Im fünften Arbeitsmodus M5 kann die Vorrichtung 100 ohne Stromquelle und/oder nur mit den sekundären Stromquellen 104 betrieben werden.

25 Eine Notfallsituationen kann alternativ oder zusätzlich auch eintreten, wenn kritische Komponenten der Vorrichtung 100 wie beispielsweise die Steuereinrichtung 101, die Software, die Hardware oder das Gebläse 3 in Teilen oder zur Gänze ausfallen.

30 Im fünften Arbeitsmodus M5 kann die Vorrichtung 100 bevorzugt die letztgewählten Funktionen und Einstellungen beibehalten und eine Beatmung weiter ermöglichen. Über den fünften Arbeitsmodus M5 bleibt das medizinische Personal auch in Notfallsituationen handlungsfähig. Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, bei Eintreten einer Notfallsituation automatisch in den fünften Arbeitsmodus M5 umzuschalten, um eine Notversorgung abzusichern. Es ist auch möglich, den fünften Arbeitsmodus M5 manuell einzustellen. Diese kann von Vorteil sein, um einen stromsparenden Betrieb herzustellen.

35 Im fünften Arbeitsmodus M5 kann der Monitor dunkelgestellt werden, um Strom einzusparen. Im fünften Arbeitsmodus M5 können alle Aktoren stromlos sein. Im fünften Arbeitsmodus M5 können die Sensoren inaktiv sein. Im fünften Arbeitsmodus M5 kann auch das Gebläse 3 in einem stromsparenden Betrieb versetzt werden. Beispielsweise kann das Gebläse weniger dynamisch betrieben werden.

Die Vorrichtung 100 kann eingerichtet und ausgebildet sein, im fünften Arbeitsmodus M5 volatile Anästhetika VA zu applizieren, da der Frischgasflow bestehen bleiben kann. LU103147

5 In bevorzugten Ausführungsformen werden im fünften Arbeitsmodus M5 keine volatilen Anästhetika VA appliziert. Das Anästhetika-Modul 8 und das Verdunstungselement 8a sind inaktiv, so dass der Patient mit der Vorrichtung 100 weiterhin beatmet werden kann, jedoch ohne Applikation volatiler Anästhetika. Eine Anästhesie mit intravenösen Anästhetika ist sodann möglich.

10 Aus Figur 1E wird ersichtlich, dass das Gebläse 3 im fünften Arbeitsmodus M5 inaktiv sein kann. Im fünften Arbeitsmodus M5 kann das Reservoir 12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefern. Das Gebläse 3 kann von dem Atemgasgemisch 5 (passiv) durchströmt werden. Bei Betätigung des Reservoirs 12 wird das Atemgasgemisch 5 in die Reservoir-Leitung 13 gefördert. Von der Reservoir-Leitung 13 wird das Atemgasgemisch 5 in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 eingeleitet. Das Rückschlagventil 21 verhindert ein Rückströmen des Atemgasgemisches 5 in die Reservoir-Leitung 5.

15 Stromlos befinden sich die Frischgas-Schaltventile 32 in ihrer Grundstellung. Somit kann im fünften Arbeitsmodus M5 Frischgas über die erste Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden. Die Einspeisung von Frischgas kann somit an dem Einspeisepunkt 207 und in Strömungsrichtung hinter das Rückschlagventil 21 erfolgen.

20 Das Frischgas kann im Arbeitsmodus M5 mit einem konstanten Fluss in die Atemgasleitung eingespeist werden, da das Schaltventil 87 und/oder das Dosierventil 88 der Frischgas-Zuleitung 7 stromlos in seinen zuletzt eingestellten Positionen verbleiben können. Somit kann die Dosierung von Frischgas auf dem zuletzt eingestellten Wert verbleiben.

25 Im fünften Arbeitsmodus M5 kann der O<sub>2</sub>-Flushes 10 manuell betätigt werden, so dass optional Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden kann. Stromlos befinden sich die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 in ihrer Grundstellung. Die Einspeisung von Sauerstoff kann somit über die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i erfolgen. Die Einspeisung von Sauerstoff kann somit an dem Einspeisepunkt 211 erfolgen und in Strömungsrichtung vor die Sicherheitsventile 23,24.

Der Patient kann somit im fünften Arbeitsmodus M5 über eine Betätigung des Reservoirs 12 und über das Frischgasmodul 6 und/oder das Sauerstoff-Modul 10 mit Atemgas und/oder Frischgas und/oder Sauerstoff versorgt werden.

30 Figur 1E zeigt, dass das expiratorische Atemgas 5<sub>exp</sub> im fünften Arbeitsmodus M5 ähnlich wie im ersten Arbeitsmodus M1 geführt wird. Der Strömungsweg des fünften Arbeitsmodus M5 entspricht im Wesentlichen dem des ersten Arbeitsmodus M1:

35 Die Ventile 26,28,29 sind im fünften Arbeitsmodus M5 derart geschaltet, dass das Atemgasgemisch 5 im expiratorischen Zweig 2 zwei verschiedene Wege nehmen kann: Das Atemgasgemisch 5 bzw. Anteile des Atemgasgemisches 5 kann in Richtung der Hauptströmung 5 im Kreislauf geleitet werden und/oder durch das Fortleitungssystem 14 aus dem Kreislauf abgeleitet werden. Das Atemgasgemisch

5 kann im Notfallmodus M5 zumindest im ersten Kreislauf K1 leitbar sein. Das Atemgasgemisch 5 kann im Notfallmodus M5 über den Ausgang 14-A zumindest teilweise ableitbar sein.

Das Sperrventil 28 ist im fünften Arbeitsmodus M5 stromlos und somit inaktiv. Somit agiert das Sperrventil 28 als einfaches Rückschlagventil und gibt die Atemgasleitung 4 in Richtung der Hauptströmung S frei. Das expiratorische Atemgas 5<sub>exp</sub> kann somit zumindest teilweise in Richtung der Hauptströmung S im Kreislauf geleitet werden. Dabei passiert das expiratorische Atemgas 5<sub>exp</sub> das Trennmittel 40, in dem CO<sub>2</sub> chemisch abgeschieden werden kann. Das Feuchtmanagement 41 ist stromlos inaktiv und wird lediglich durchströmt. Im inspiratorischen Zweig 1 kann dem Atemgasgemisch 5 wieder Frischgas und/oder Sauerstoff zugeführt werden.

10 Die dritte Leitung 14<sub>iii</sub> des Fortleitungssystems 14 ist im fünften Arbeitsmodus M5 durch das Ablassventil 26 blockiert. Stromlos ist das Ablassventil 26 mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt. Stromlos kann das Ablassventil 26 durch die Federspannung beispielsweise einen Arbeitsdruck von 100 hPa aufweisen.

15 Die zweite Leitung 14<sub>ii</sub> des Fortleitungssystems 14 kann im fünften Arbeitsmodus M5 aktiv sein, da das APL-Ventil 29 stromlos auf der zuletzt eingestellten Position verbleibt. Das APL-Ventil 29 kann im Notfallmodus M5 stromlos somit weiterhin auf den (zuletzt eingestellten) Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> regeln.

Da der Arbeitsdruck des APL-Ventils 29 im fünften Arbeitsmodus M5 geringer als der Arbeitsdruck des Ablassventils 26 ist, kann das expiratorische Atemgas 5<sub>exp</sub> zumindest teilweise durch die zweite Leitung 14<sub>ii</sub> und den Ausgang 14-A abgeleitet werden.

Der Gasdurchfluss der zweiten Leitung 14<sub>ii</sub> kann somit im fünften Arbeitsmodus M5 durch das APL-Ventil 29 beschränkt freigegeben werden. Überschüssiges Atemgasgemisch 5, das nicht im Kreislauf der Atemgasleitung 4 geführt werden kann, kann während der Inspiration über die zweite Leitung 14<sub>ii</sub> abgeleitet werden.

25 Im fünften Arbeitsmodus M5 ist das Druckregelungsventil 30 stromlos und somit in der Regel nicht mehr verstellbar. Im fünften Arbeitsmodus M5 kann das Druckregelungsventil 30 den Expirationsdruck P<sub>exp</sub> passiv regeln. Stromlos fällt das Druckregelungsventil 30 auf seinen passiven Arbeitsdruck. Das Druckregelungsventil 30 kann im fünften Arbeitsmodus M5 den PEEP passiv beispielsweise auf 5 hPa regeln.

30 Im Unterschied zum ersten Arbeitsmodus M1 sind die Sensoren 15, 16, 17, 18, 19, 20, 39 sowie das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 im fünften Arbeitsmodus M5 stromlos und somit inaktiv.

Alternativ oder zusätzlich zu den bisher beschriebenen Arbeitsmodi kann die Vorrichtung 100 auch in zumindest einem sechsten Arbeitsmodus M6 betreiben werden, der einen großen, im Wesentlichen konstanten Fluss bereitstellen kann. Ein konstanter Fluss kann beispielsweise für die Durchführung einer High-Flow-Therapie (HFOT) verwendet werden. Die Vorrichtung 100 kann für die Durchführung einer HFOT verwendet werden. Zu diesem Zweck können optional hier nicht gezeigte Befeuchter

und/oder Heizelemente an die Vorrichtung 100 angeschlossen werden, um die Atemluft zu befeuchten und/oder zu erwärmen. LU103147

Der sechste Arbeitsmodus M6 kann verwendet werden in Kombination mit einer Rückenmarksanästhesie und/oder mit anderen Lokalanästhesien. Der sechste Arbeitsmodus M6 kann mit wachen Patienten, die eine Atemunterstützung erhalten sollen, betrieben werden.

**Figur 1F** zeigt die Vorrichtung 100 im sechsten Arbeitsmodus M6 für einen konstanten Fluss (HFOT), wobei optional volatile Anästhetika VA appliziert werden können.

Der sechste Arbeitsmodus M6 kann sowohl ohne eine Zugabe volatiler Anästhetika (siehe Figur 1F) als auch mit einer Applikation von volatilen Anästhetika (nicht gezeigt) realisiert werden. Der sechste Arbeitsmodus M6 kann auch in einem Fehlermodus realisiert werden (nicht gezeigt).

Figur 1F zeigt die Vorrichtung 100 im sechsten Arbeitsmodus für einen konstanten Fluss und ohne Applikation volatiler Anästhetika. Die Vorrichtung 100 ist eingerichtet und ausgebildet, einen nahezu konstanten Fluss zu erzeugen, ohne ein Atemmuster zu erzeugen oder vorzugeben. Der Fluss wird im sechsten Arbeitsmodus M6 unabhängig von den Atmungsphasen des Patienten appliziert.

In den HFOT-Modi können Flüsse von bis zu 80l/min erreicht werden. Im HFOT-Modus werden in der Regel konstante Flüsse von 60l/min erzeugt. Die HFOT kann über einen offenen und/oder halboffenen Kreislauf erfolgen.

Bevorzugt wird die HFOT über einen offenen Kreislauf realisiert ohne expiratorischen Zweig 2 (siehe Figur 1F). Sodann kann die Vorrichtung 100 lediglich einen Inspirationsschlauch aufweisen. In dem Falle kann der Patient 90 über den Inspirationsschlauch und das Patienteninterface 91 mit dem Atemgasgemisch 5 versorgt werden und in die Umgebung ausatmen. Das Patienteninterface 91 ist zur Realisierung einer HFOT bevorzugt eine Nasenbrille.

Aus Figur 1F wird ersichtlich, dass im sechsten Arbeitsmodus M6 weder das Gebläse 3 aktiv ist noch das Reservoir 12 die Förderenergie liefert. Das Atemgasgemisch 5 wird ausschließlich vom Frischgas-Modul 6 angetrieben.

Im sechsten Arbeitsmodus M6 befinden sich die Frischgas-Schaltventile 32 ihrer Grundstellung. Somit kann im sechsten Arbeitsmodus M6 Frischgas über die erste Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden. Die Einspeisung von Frischgas kann somit an dem Einspeisepunkt 207 und in Strömungsrichtung hinter das Rückschlagventil 21 erfolgen. Die Einspeisung von Frischgas kann bevorzugt den Fluss für die HFOT liefern. Der konstante Frischgasflow kann bevorzugt ohne Beeinflussung direkt bis zur Patientenschnittstelle geleitet werden.

Optional kann im sechsten Arbeitsmodus M6 der O<sub>2</sub>-Flush 10 manuell betätigt werden und optional zusätzlich Sauerstoff in die Atemgasleitung 4 einspeisen. Im sechsten Arbeitsmodus M6 befinden sich die O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventile 31 in ihrer Grundstellung. Die Einspeisung von Sauerstoff kann somit über die erste O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i erfolgen. Die Einspeisung von Sauerstoff kann somit an dem Einspeisepunkt 211 erfolgen und in Strömungsrichtung vor die Sicherheitsventile 23,24.

Der inspiratorische Drucksensor 15 und/oder der inspiratorische Flowsensor 17 und/oder der Sauerstoff-Sensor 19 ist im sechsten Arbeitsmodus M6 bevorzugt aktiv. Das zweite Sicherheitsventil 024 ist im sechsten Arbeitsmodus M6 elektrisch aktivierbar und bietet einen zusätzlichen Schutz.

5 Die Vorrichtung 100 ist alternativ oder zusätzlich dazu eingerichtet, im sechsten Arbeitsmodus M6 einen konstanten Fluss bereitzustellen und gleichzeitig volatile Anästhetika VA zu applizieren (nicht gezeigt).

Auch mit einer Applikation volatiler Anästhetika wird ein konstanter Fluss erzeugt, ohne ein Atemmuster zu erzeugen oder vorzugeben und unabhängig von den Atmungsphasen des Patienten. Im sechsten Arbeitsmodus M6 kann das Anästhetika-Modul 8 und/oder das Verdunstungselement 8a optional aktiviert werden. Über das Frischgas-Modul 6 und die erste Frischgas-Zuleitung 7i wird ein konstanter Frischgasflow eingespeist, der nach der Einspeisung im Verdunstungselement 8a mit Anästhetika VA angereichert werden kann und ohne weitere Beeinflussung direkt bis zur Patientenschnittstelle geleitet werden kann.

15 Sodann kann die Vorrichtung 100 eingerichtet und ausgebildet sein, an ein zu diesem Zwecke ausgebildeten Handbeutel 35 angeschlossen zu werden, so dass die volatilen Anästhetika nicht in die Umgebung abgegeben werden, sondern über den Handbeutel 35 wiederverwendet werden können (nicht gezeigt).

20 Bei einer Applikation von volatilen Anästhetika im sechsten Arbeitsmodus M6 kann zudem der Multigas-Sensor 20 bevorzugt aktiv sein. Zudem ist aus Gründen der Sicherheit ein patientennaher O<sub>2</sub>-Flush möglich.

Die Vorrichtung 100 ist alternativ oder zusätzlich dazu eingerichtet, einen konstanten Fluss in einem Fehlermodus ohne eine Applikation volatiler Anästhetika bereitzustellen (nicht gezeigt).

25 Im Fehlermodus des sechsten Arbeitsmodus M6, also beispielsweise in einem stromlosen Zustand, kann die Frischgaseinspeisung hinter das erste Rückschlagventil 21 fortgeführt werden, da das Schaltventil 87 und/oder das Dosierventil 88 der Frischgas-Zuleitung 7 stromlos in seinen zuletzt eingestellten Positionen verbleiben können.

Im Fehlermodus des sechsten Arbeitsmodus M6 können die Sensoren 15, 17, 19 inaktiviert sein. Im Fehlermodus finden sodann keine Messungen des inspiratorischen Flowsensor 17 und/oder des O<sub>2</sub>-Sensors 19 und/oder des inspiratorischer Drucksensor 15 statt.

30 Im Fehlermodus des sechsten Arbeitsmodus M6 kann das Anästhetika-Modul 8 manuell oder automatisch inaktiviert werden, so dass keine Anästhetika mehr eingespeist werden. Der O<sub>2</sub>-Flushes 10 kann im Fehlermodus des sechsten Arbeitsmodus M6 weiterhin manuell betätigt werden, so dass optional Sauerstoff patientennah in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden kann.

35 **Figur 1G** zeigt die Vorrichtung 100 in einem siebten Arbeitsmodus M7, der einen Servicemodus darstellt. Im siebten Arbeitsmodus M7 ist die Vorrichtung 100 in der Regel nicht mit einem Patienten 90 verbunden.

Die Vorrichtung 100 kann alternativ zu den bisher beschriebenen Arbeitsmodi im siebten Arbeitsmodus M7 betreiben werden, der eine Wartung und/oder einen Service und/oder eine Trocknung zulässt. Beispielsweise kann die Vorrichtung 100 derart auch in einem Stand-by-Modus betrieben werden. Vorteilhafterweise kann die Vorrichtung 100 im siebten Arbeitsmodus M7  
5 betrieben werden, um eine Trocknung der Vorrichtung 100 oder zumindest Teilen der Vorrichtung 100 zu ermöglichen. Derart kann die durch die Verwendung des chemischen Trennmittels 40 kondensierte Feuchtigkeit aus der Atemgasleitung 4 effektiv entfernt werden.

Im siebten Arbeitsmodus M7 ist das Frischgas-Modul 6 inaktiv. Im siebten Arbeitsmodus M7 kann das Frischgas-Modul 6 inaktiviert werden durch Verschließen des Dosierventils 88 und/oder des  
10 Schaltventils 87 in der Frischgas-Zuleitung 7.

Im siebten Arbeitsmodus M7 ist das Gebläse 3 aktiv. Das Gebläse 3 kann einen konstanten Druck und/oder einen konstanten Fluss und/oder ein konstantes Volumen erzeugen. Das Gebläse 3 kann in Strömungsrichtung vor dem Gebläse 3 in der Atemgasleitung 4 einen Unterdruck erzeugen. Da das Frischgas-Modul 6 inaktiv ist, liefert es kein Frischgas für das Gebläse 3. Daher kann im siebten  
15 Arbeitsmodus M7 das Einlassventil 27 öffnen. Somit kann im siebten Arbeitsmodus M7 über das Einlassventil 27 Luft aus der Umgebung in die Vorrichtung 100 eingesaugt werden. Die Einspeisung der Umgebungsluft über das Einlassventil 27 kann an dem Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 in die Atemgasleitung 4 erfolgen.

Der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 kann in dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 in Strömungsrichtung nach Trennmittel 40 liegen. In diesem Ausführungsbeispiel kann der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 bevorzugt in Strömungsrichtung nach dem Sperrventil 28 liegen. Der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 liegt beispielsweise in Strömungsrichtung vor dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 liegt der  
20 Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 zwischen dem Sperrventil 28 und dem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41.

Die angesaugte Umgebungsluft wird somit durch das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 geleitet. Im siebten Arbeitsmodus M7 ist das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 inaktiv und kann passiv von der angesaugten Umgebungsluft durchströmt werden. Die Umgebungsluft kann im Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 Feuchtigkeit aufnehmen. Die Umgebungsluft durchströmt sodann  
30 den inspiratorischen Zweig 1 und den expiratorischen Zweig 2. Das Y-Stück 93 ist im siebten Arbeitsmodus M7 patientenseitig verschlossen. Die Umgebungsluft kann zudem das erste Rückschlagventil 21, das Gebläse 3, den inspiratorischen Flowsensor 17, das Schlauchsystem 92, das zweite Rückschlagventil 22, das PEEP-Ventil 30, den expiratorischen Flowsensor 18 und/oder das Ablassventil 27 durchströmen, wobei die Umgebungsluft Feuchtigkeit aufnehmen und über den  
35 Ausgang 14-A ableiten kann.

Im siebten Arbeitsmodus M7 ist das Ablassventil 26 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt und gibt die dritte Leitung 14iii frei. Das APL-Ventil 29 ist mit einem höheren Arbeitsdruck beaufschlagt als das Ablassventil 26 und blockiert somit die zweite Leitung 14ii.

Durch den niedrigen Arbeitsdruck des Ablassventils 26 wird die feuchtigkeitsgesättigte Umgebungsluft über die dritte Leitung 14iii zum Ausgang 14-A und in die Umgebung abgeleitet unter Umgehung des APL-Ventils 29.

5 **Figur 4** zeigt einen schematischen Aufbau der Vorrichtung in einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Das Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 4** entspricht in seinem wesentlichen Aufbau dem des Ausführungsbeispiels gemäß **Figur 1**, kann jedoch zumindest das mindestens eine mechanische Trennmittel 60 umfassen. Das Trennmittel 60 kann als mechanischer CO<sub>2</sub>-Absorber 60 ausgebildet sein. Die CO<sub>2</sub>-Abtrennung kann mechanisch über mindestens einen Diffusionsfilter 61 erfolgen wie  
10 weiter unten hierin zur **Figur 4** beschrieben. Das mechanische Trennmittel 60 kann alternativ oder zusätzlich zum chemischen Trennmittel 40 umfasst sein. Bevorzugt umfasst die Vorrichtung 100 jedoch entweder das chemische Trennmittel 40 (siehe **Figur 1**) oder das mechanische Trennmittel 60 (siehe **Figur 4**).

Das mechanische Trennmittel 40 kann in oder an der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Das  
15 mechanische Trennmittel 40 kann stromabwärts nach der Patientenschnittstelle angeordnet sein. Das mechanische Trennmittel 40 ist bevorzugt im expiratorischen Zweig 2 der Atemgasleitung 4 angeordnet. Das mechanische Trennmittel 40 kann stromabwärts nach dem Multigassensor 20 angeordnet sein. Das mechanische Trennmittel 40 kann stromabwärts nach dem expiratorischen Drucksensor 16 angeordnet sein.

20 Das mechanische Trennmittel 40 kann stromaufwärts vor dem Fortleitungssystem 14 angeordnet sein. Das mechanische Trennmittel 40 kann stromaufwärts vor dem PEEP-Ventil 30 angeordnet sein. Das mechanische Trennmittel 40 kann stromaufwärts vor der Einmündung des Bypasses 75 in den expiratorischen Zweig 2 angeordnet sein. Das mechanische Trennmittel 40 kann stromaufwärts vor dem zweiten Sicherheitsventil 22 angeordnet sein.

25 In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 3** kann das mechanische Trennmittel 40 zwischen der Einmündung des Bypasses 75 in den expiratorischen Zweig 2 und der Patientenschnittstelle angeordnet sein.

Die Vorrichtung 100 in dem Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 4** kann gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 1** weitere zusätzliche Elemente umfassen, die die Funktionsweise  
30 der Vorrichtung 100 mit dem mechanischen Trennmittel 60 ermöglichen oder zumindest positiv beeinflussen. Die Vorrichtung 100 in dem Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 4** kann gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 1** auch weniger Elemente umfassen. Beispielsweise kann das Ausführungsbeispiel gemäß **Figur 4** ohne chemischen Absorber 40 ausgebildet sein. Somit muss auch das Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 nicht mehr umfasst sein. In alternativen Ausführungsformen  
35 kann die Vorrichtung 100 jedoch auch mit einem mechanischen Trennmittel 60 und mit einem Feuchtigkeitsregelungs-Modul 41 ausgestattet sein (nicht gezeigt).

Die Vorrichtung 100 kann mindestens ein Sweepgas-Modul 70 sowie mindestens eine Sweepgas-Zuleitung 71 zur Bereitstellung, Einleitung, Ableitung und Kontrolle von Sweepgas 64 für das mechanische Trennmittel 60 umfassen (siehe auch weiter unten hierin, Figur 5). Das Sweepgas-Modul 70 ist eingerichtet und ausgebildet, Sweepgas 64 für das Trennmittel 60 bereitzustellen. Über die Sweepgas-Zuleitung 71 kann Sweepgas 64 kontrolliert in das mechanische Trennmittel 60 eingeleitet und/oder abgeleitet werden. Die Sweepgas-Zuleitung 71 steht zu diesem Zwecke pneumatisch mit dem Trennmittel 60 in Verbindung.

Die Vorrichtung 100 kann zudem mindestens einen Bypass 75 umfassen. Der Bypass 75 kann als gasleitende Leitung ausgebildet sein und pneumatisch mit der Atemgasleitung 4 in Verbindung stehen. Über den Bypass 75 ist zumindest ein Teil des Atemgasgemisches 5 leitbar. Der Bypass 75 kann eine Bypass-Strömung S1 zulassen oder ermöglichen, deren Richtung in Figur 4 mit einer gestrichelten Linie angedeutet dargestellt ist. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 kann die Bypass-Strömung S1 zusätzlich zur Hauptströmung S des Atemgasgemisches 5 bestehen.

Der Bypass 75 ist eingerichtet, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem inspiratorischen Zweig 1 zu dem expiratorischen Zweig 2 herzustellen, dass ein zweiter Kreislauf K2 ausgebildet ist, in dem das Atemgasgemisch 5 leitbar ist. Der zweite Kreislauf K2 kann zumindest teilweise dem ersten Kreislauf K1 entsprechen. Hierbei ist der Bypass 75 derart angeordnet, dass der Anschluss 93 für ein Patienteninterface nicht im zweiten Kreislauf K2 angeordnet ist. Der Anschluss 93 für ein Patienteninterface ist lediglich im ersten Kreislauf K1 angeordnet. Zudem ist der Bypass 75 derart angeordnet, dass das mechanische Trennmittel 60 nicht im zweiten Kreislauf K2 angeordnet ist. Das mechanische Trennmittel 60 ist lediglich im ersten Kreislauf K1 angeordnet.

Das Atemgasgemisch 5 kann im ersten Kreislauf K1 mit der Hauptströmung S leitbar sein und zusätzlich im zweiten Kreislauf K2 mit der Bypass-Strömung S1 leitbar sein. Bypass-Strömung S1 und Hauptströmung S des Atemgasgemisches 5 können zumindest bereichsweise parallel verlaufen.

In dem Bypass 75 kann zumindest ein Ventil 76 angeordnet sein. Das Ventil 76 kann als Rückschlagventil ausgebildet sein. Sodann kann das Ventil 76 zumindest die Richtung der Bypass-Strömung S1 vorgeben. Das Ventil 76 kann insbesondere ein Rückströmen der Bypass-Strömung S1 in den inspiratorischen Zweig 1 der Atemgasleitung 4 verhindern. In manchen Ausführungsformen kann das Ventil 76 als einfaches Rückschlagventil oder als belastetes Rückschlagventil ausgebildet sein (nicht gezeigt).

In bevorzugten Ausführungsformen kann das Ventil 76 als sperrbares Rückschlagventil und somit als Bypass-Sperrventil 76 ausgebildet sein. Das Bypass-Sperrventil 76 kann in dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 beispielsweise als sperrbares Rückschlagventil mit einer Magnetspule ausgebildet sein. Das Bypass-Sperrventil 76 kann somit bevorzugt in mindestens zwei Einstellungen betrieben werden: In einer ersten Einstellung, beispielsweise in einer Ruhestellung, kann das Bypass-Sperrventil 76 den Durchfluss in einer Richtung freigeben und in einer Richtung absperren. In dieser ersten Einstellung kann das Bypass-Sperrventil 76 als einfaches Rückschlagventil wirken. In einer zweiten Einstellung, beispielsweise in einer aktiven Stellung, kann das Bypass-Sperrventil 76 den

Durchfluss in beide Richtungen sperren. Die aktive Stellung des Ventils 76 kann beispielsweise durch Bestromung der Magnetspule hergestellt werden.

Der Bypass 75 kann im inspiratorischen Zweig 1 abzweigen. Der Bypass 75 kann in den expiratorischen Zweig 2 einmünden. Der Bypass 75 kann zwischen dem Gebläse 3 und dem Patienteninterface 91 abzweigen. Der Bypass 75 kann bevorzugt zwischen dem Gebläse 3 und dem Einspeisepunkt 211 der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i abzweigen. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 kann der Bypass 75 beispielsweise zwischen dem inspiratorischen Flowsensor 17 und dem Einspeisepunkt 211 der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i abzweigen.

Um einen Rückfluss vom Sauerstoff-Modul 10 in den Bypass 75 und/oder das Gebläse 3 zu unterbinden, kann vorteilhafterweise mindestens ein weiteres Rückschlagventil, nämlich ein drittes Sicherheitsventil 77, umfasst sein. Das dritte Sicherheitsventil 77 kann in der Atemgasleitung 4 zwischen der Abzweigung des Bypasses 75 und dem Einspeisepunkt 211 der ersten O<sub>2</sub>-Flush-Zuleitung 11i angeordnet sein. Beispielsweise ist das dritte Sicherheitsventil 77 als einfaches Rückschlagventil ausgebildet. Denkbar ist in manchen Ausführungsformen auch, dass das dritte Sicherheitsventil 77 als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist.

Der Bypass 75 kann zwischen dem Patienteninterface 91 und dem Gebläse 3 wieder in Atemgasleitung 4 einmünden. Der Bypass 75 kann somit in den expiratorischen Zweig 2 einmünden. Der Bypass 75 kann bevorzugt zwischen dem Trennmittel 60 und dem Gebläse 3 wieder in Atemgasleitung 4 einmünden. Der Bypass 75 kann insbesondere zwischen dem Trennmittel 60 und dem Anästhetika-Modul 8 wieder in Atemgasleitung 4 einmünden. In dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 kann der Bypass 75 beispielsweise nach dem zweiten Sicherheitsventil 22 in den expiratorischen Zweig 2 der Atemgasleitung 4 einmünden. Das zweiten Sicherheitsventil 22 kann sodann unterbinden, dass die Bypass-Strömung S1 entgegen der Hauptströmung S1 und in Richtung des Trennmittels 60 verläuft. Der Bypass 75 kann nach dem Gebläse 3 aus der Atemgasleitung 4 abzweigen und zumindest vor dem Anästhetika-Modul 8 wieder in die Atemgasleitung 4 einmünden.

Durch den Bypass 75 kann die Bypass-Strömung S1 erzeugt werden. Die Bypass-Strömung S1 wird in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 nicht zum Patienten 90 geleitet. Die Bypass-Strömung S1 wird in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 nicht an der Einmündung des Sauerstoff-Moduls 10 erzeugt. Die Bypass-Strömung S1 wird in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 nicht durch das Trennmittel 60 geleitet. Das zweite Sicherheitsventil 22 verhindert eine Strömung der Bypass-Strömung S1 in Richtung des Trennmittels 60.

Die Bypass-Strömung S1 verläuft in dieser Ausführungsform zumindest vom Gebläse 3 durch den Bypass 75 zum Anästhetika-Modul 8 und wieder zum Gebläse 3. Somit kann sich durch den Bypass 75 mit der Bypass-Strömung S1 ein zweiter Gaskreislauf ausbilden, der alternativ oder zusätzlich zum Gaskreislauf der Hauptströmung S bestehen kann. Bypass-Strömung S1 und Hauptströmung S können zumindest bereichsweise parallel in der Atemgasleitung 4 verlaufen. Bypass-Strömung S1 und Hauptströmung S können zumindest bereichsweise nicht in einer gemeinsamen Leitung verlaufen.

Bei einer Flüssigdosierung werden ein oder mehrere Anästhetika VA unter Druck stehend und demnach flüssig in dem Anästhetika-Modul 8 und/oder der Anästhetika-Zuleitung 9 gehalten und von dort in die Atemgasleitung 4 eingespritzt. Bei Erreichen der Atemgasleitung 4 verdunsten die Anästhetika VA und vermischen sich mit dem Atemgasgemisch 5. Dadurch, dass durch die Bypass-Strömung S1 im Verdunstungselement 8a ein permanenter Gasstrom besteht, können die Anästhetika VA sich besonders vorteilhaft mit dem Atemgasgemisch 5 vermengen.

Durch diese Art der Flüssigdosierung ist eine vorherige Mischung von Anästhetika VA und Frischgas nicht mehr nötig. Somit ist auch eine von der Atemgasleitung 4 abgesonderte Mischkammer für eine abgesonderte Mischung von Frischgas bzw. Atemgas und Anästhetika VA nicht mehr nötig. Die Flüssigdosierung ermöglicht eine sehr exakte, sparsame Dosierung an Anästhetika VA, die unabhängig von der Zufuhr von Frischgas und/oder Sauerstoff ist. Das Verdunstungselement 8a kann eine klassische Mischkammer ersetzen.

**Figur 5** zeigt einen schematischen Aufbau des mechanischen Trennmittels 60 mit Diffusionsfilter 61. Das mechanische Trennmittel 60 kann prinzipiell als Zweikammersystem 65 ausgebildet sein und mindestens eine erste Kammer 62 und mindestens eine zweite Kammer 63 umfassen. Die erste Kammer 62 und die zweite Kammer 63 sind durch den mindestens einen Diffusionsfilter 61 voneinander getrennt.

Das mechanische Trennmittel 60 kann eine Vielzahl solcher Zweikammersysteme 65 umfassen, die parallel zueinander verlaufen können.

In einer beispielhaften Ausführungsform sind die Zweikammersysteme 65 als gasleitende Röhren ausgebildet. Die Röhren können einen Durchmesser von 0,1 mm bis 10 mm aufweisen, bevorzugt von 0,1 mm bis 5 mm, besonders bevorzugt von 0,3 bis 1 mm. Beispielsweise weisen die Röhren der Zweikammersysteme 65 einen Durchmesser von 0,5 mm auf. Beispielsweise umfasst das mechanische Trennmittel 60 mehrere 1000 derartiger Röhren (nicht gezeigt). Der Gesamtdurchmesser der Röhren und somit des Trennmittels 60 entspricht vorteilhafterweise dem Durchmesser der Atemgasleitung 4.

Der Diffusionsfilter 61 kann als semipermeable Membran ausgebildet sein und Poren 65 aufweisen, die derart eingerichtet sind, dass nur Moleküle die Membran passieren können, die eine bestimmte Größe unterschreiten. Der Diffusionsfilter 61 ist bevorzugt aus einem chemisch inerten Material ausgebildet. Der Diffusionsfilter 61 zeichnet sich dadurch aus, dass er reinigbar, desinfizierbar und wiederverwendbar ist.

Beispielsweise ist der Diffusionsfilter 61 aus Kunststoff, Keramik, Glas, Metall oder Kombinationen daraus hergestellt. In beispielhaften Ausführungsformen ist das Material des Diffusionsfilters 61 ausgewählt aus der Gruppe Polysulfon, Polyethersulfon, Cellulose, Celluloseester, Celluloseacetat, Cellulosenitrat, Regenerierte Cellulose, Silikon, Polyamid, Polyamidimid, Polyamid Harnstoff, Polycarbonat, Keramik, Edelstahl, Silber, Silizium, Zeolith, Alumosilicat, Polyacrylnitril, Polyethylen,

Polypropylen, Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid, Polyvinylchlorid, Polypiperazinamid. Kombinationen aus diesen Werkstoffen sind auch möglich.

Das Atemgasgemisch 5 kann in Richtung der Hauptströmung S durch die erste Kammer 62 des Zweikammersystems 65 geleitet werden. Bevorzugt wird expiratorisches Atemgas  $S_{\text{exp}}$  durch das Trennmittel 60 geleitet, um CO<sub>2</sub> abzutrennen. Das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  kann durch die erste Kammer 62 geleitet werden. Zu diesem Zweck ist das Trennmittel 60 bevorzugt im expiratorischen Zweig 2 angeordnet. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Trennmittel 60 sehr dicht am Patienten 90 angeordnet ist. In manchen Ausführungsformen kann das Trennmittel 60 alternativ oder zusätzlich auch dazu eingerichtet sein, Lachgas (N<sub>2</sub>O) abzutrennen. Die Abtrennung von N<sub>2</sub>O kann äquivalent zur hierin beschriebenen Abtrennung von CO<sub>2</sub> erfolgen.

Durch die zweite Kammer 63 des Zweikammersystems 65 kann ein Sweepgas 64 geleitet werden. Das Sweepgas 64 ist eingerichtet, zumindest CO<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch 5 auszuwaschen. Das Sweepgas 64 wird mit einer Sweepgas-Strömung S<sub>2</sub> durch die zweite Kammer 63 geleitet, deren Richtung in Figur 5 mit einem Pfeil S<sub>2</sub> angedeutet ist. Die Richtung der Sweepgas-Strömung S<sub>2</sub> ist bevorzugt entgegen der Richtung der Hauptströmung S des Atemgasgemisches 5 gewählt, die hier mit einem Pfeil S angedeutet ist.

Die Vorrichtung 100 kann das mindestens eine Sweepgas-Modul 70 und die mindestens eine Sweepgas-Zuleitung 71 umfassen. Über die Sweepgas-Zuleitung 71 kann Sweepgas 64 in das Trennmittel 60 eingeleitet werden. Über die Sweepgas-Zuleitung 71 kann Sweepgas 64 insbesondere in die zweite Kammer 63 des Trennmittels 60 eingeleitet werden. Über die Sweepgas-Zuleitung 71 kann Sweepgas 64 auch aus der zweiten Kammer 63 abgeleitet werden. Die Sweepgas-Zuleitung 71 steht zu diesem Zwecke pneumatisch mit der zweiten Kammer 63 in Verbindung. Die Sweepgas-Zuleitung 71 kann dem Trennmittel 60 Sweepgas 64 zu- und/oder abführen.

Das Sweepgas 64 kann in manchen Ausführungsbeispielen aus Druckgasflaschen bezogen werden. Das Sweepgas 64 kann alternativ oder zusätzlich auch über das Sauerstoff-Modul 10 und/oder das Frischgas-Modul 6 bezogen werden.

Die Steuereinrichtung 101 und/oder das Sweepgas-Modul 70 kann die Zusammensetzung des Sweepgases 64 vorgegeben. Die Steuereinrichtung 101 und/oder das Sweepgas-Modul 70 kann einen Fluss und/oder Volumen des Sweepgases 64 vorgegeben. Das Sweepgas-Modul 70 kann mit der Steuereinrichtung 101 in Verbindung stehen und/oder von der Steuereinrichtung 101 gesteuert werden.

Die Steuereinrichtung 101 und/oder das Sweepgas-Modul 70 kann auch eingerichtet sein, den Sweepgas-Fluss zu unterbinden bzw. beenden, so dass die Vorrichtung 100 auch ohne Sweepgas 64 betrieben werden kann. Dies ist beispielsweise von Vorteil, wenn die Vorrichtung 100 in einem halboffenen Kreislauf betrieben wird, beispielsweise im TIVA-Modus. Ohne eine Sweepgas-Strömung in der zweiten Kammer 63 ist das Trennmittel 60 inaktiv. Sodann kann das Atemgasgemisch 5 das mechanische Trennmittel 60 durchströmen, ohne dass Gasbestandteile wie beispielsweise CO<sub>2</sub> abgetrennt werden.

Das Sweepgas 64 ist derart eingerichtet, dass die Konzentration an CO<sub>2</sub> deutlich unter dem des Atemgasgemisches 5 liegt. Das Sweepgas 64 ist derart eingerichtet, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 bei Einleitung in die zweite Kammer 63 bei unter 20 % liegt, bevorzugt unter 10 %, besonders bevorzugt unter 5 %. Idealerweise liegt die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 bei Einleitung in die zweite Kammer 63 bei 0 %. Das Sweepgas 64 ist zudem vorteilhafter Weise frei von Anästhetika VA.

Das Sweepgas 64 ist zudem derart eingerichtet, dass die Konzentration an Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder Stickstoff N<sub>2</sub> bevorzugt mindestens gleich oder höher der des expiratorischen Atemgasgemisches 5 sein kann.

10 Die O<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 liegt bei Einleitung in die zweite Kammer 63 bei über 0 %, bevorzugt über 20 %, besonders bevorzugt über 40 %. Beispielsweise kann die O<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 bei Einleitung in die zweite Kammer 63 47 % betragen.

Die N<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 liegt bei Einleitung in die zweite Kammer 63 bei über 0 %, bevorzugt über 20 %, besonders bevorzugt über 40 %. Beispielsweise kann die N<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 bei Einleitung in die zweite Kammer 63 53 % betragen.

15 Aufgrund eines Konzentrationsgefälles über den Diffusionsfilter 61 kann das Atemgasgemisch 5 in dem mechanischen Trennmittel 60 aufgetrennt werden. Durch die Beschaffenheit des Diffusionsfilters 61 können besonders kleine Moleküle abgeschieden werden. Insbesondere können Moleküle abgeschieden werden, die aus wenigen Atomen bestehen, beispielsweise aus weniger als 5 Atomen. Insbesondere können CO<sub>2</sub>-Moleküle abgeschieden werden. Sauerstoff O<sub>2</sub> und Stickstoff N<sub>2</sub> können den Diffusionsfilter 61 ebenfalls passieren. Anästhetika VA, die mehr als 5 Atome aufweisen, können den Diffusionsfilter 61 hingegen nicht passieren und verbleiben im Atemgasgemisch 5.

Über die anfängliche Konzentration der Gasbestandteile des Sweepgases 64 kann gesteuert werden, welche Gasbestandteile aus dem Atemgasgemisch 5 herausgefiltert werden und welche Gasbestandteile in dem Atemgasgemisch 5 verbleiben.

25 Bezüglich Kohlendioxid CO<sub>2</sub> kann folgendes Szenario vorteilhaft sein:

Wird ein Sweepgas 64 in die zweite Kammer 63 eingeleitet, das eine geringere CO<sub>2</sub>-Konzentration enthält als das Atemgasgemisch 5 in der ersten Kammer 62, kann CO<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch 5 herausgefiltert werden. Dadurch kann dem Atemgasgemisch 5 CO<sub>2</sub> entzogen werden. Dadurch kann das Atemgasgemisch 5 wieder für eine Inspiration geeignet sein. Das Atemgasgemisch 5 kann somit in einem geschlossenen Kreislauf geführt werden.

30 Bezüglich Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder N<sub>2</sub> können folgende Szenarien vorteilhaft sein:

Wird Sweepgas 64 in die zweite Kammer 63 eingeleitet, das die gleiche und/oder eine höhere O<sub>2</sub>-Konzentration enthält als das Atemgasgemisch 5 in der ersten Kammer 62, kann O<sub>2</sub> in dem Atemgasgemisch 5 verbleiben. Wird das Atemgasgemisch 5 sodann wieder für eine Inspiration verwendet, enthält es Sauerstoff in der Konzentration des Sweepgases 64.

Wird Sweepgas 64 in die zweite Kammer 63 eingeleitet, das eine geringere O<sub>2</sub>-Konzentration enthält als das Atemgasgemisch 5 in der ersten Kammer 62, kann O<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch 5 herausgefiltert werden. Das kann den Vorteil bieten, dass Sauerstoff, der dem Patienten zeitweise im Überschuss zur Verfügung gestellt wurde, wiederverwendet werden kann und/oder dass das Atemgasgemisch 5 wiederverwendet werden kann trotz zeitweiligem O<sub>2</sub>-Überschusses.

Auch der Verbleib oder der Entzug von N<sub>2</sub> und/oder N<sub>2</sub>O aus dem Atemgasgemisch 5 kann nach dem gleichen Prinzip derart geregelt werden.

Die Gas-Konzentrationen des eingeleiteten Sweepgases 64 können über die Steuereinrichtung 101 und/oder über das Sweepgas-Modul 70 gesteuert werden. Auch das Volumen und/oder der Fluss des eingeleiteten Sweepgases 64 kann über die Steuereinrichtung 101 und/oder über das Sweepgas-Modul 70 gesteuert werden. In manchen Ausführungsbeispielen ist der Sweepgasfluss durch das Trennmittel 60 konstant. In manchen Ausführungsformen kann der Sweepgasfluss auch adaptiv an die Beatmung und somit beispielsweise an das Atemzugvolumen bzw. das Minutenvolumen angepasst werden. Die Steuerung erfolgt bevorzugt automatisch durch in der Steuereinrichtung 101 hinterlegte Vorgaben und Werte, kann jedoch nach Bedarf auch manuell durch medizinisches Fachpersonal eingestellt werden.

In manchen Ausführungsformen entspricht der Sweepgasfluss und/oder das Sweepgasvolumen dem Fluss und/oder dem Volumen des Atemgasgemisches 5. In vorteilhaften Ausführungsbeispielen wird das Sweepgas 64 gegenüber des Atemgasgemisches 5 im Überschuss in das Trennmittel 60 eingeleitet. Beispielsweise wird je Atemzug genauso viel Sweepgas 64 in die zweite Kammer 63 eingeleitet, wie Atemgasgemisch 5 in die erste Kammer 62 strömt. Vorteilhafterweise wird je Atemzug mehr Sweepgas 64 in die zweite Kammer 63 eingeleitet, als Atemgasgemisch 5 in die erste Kammer 62 strömt.

Das Verhältnis der Menge von Sweepgas 64 zu Atemgasgemisch 5 kann mindestens 1:1 betragen, bevorzugt mindestens 1,2 : 1 , besonders bevorzugt mindestens 1,4 : 1. Beispielsweise beträgt das Verhältnis von Sweepgas 64 zu Atemgasgemisch 5 1,5 : 1 oder mehr. Ein Verhältnis von Sweepgas 64 zu Atemgasgemisch 5 von mindestens 2 : 1 oder mindestens 5:1 ist auch denkbar. Typischerweise wird das Sweepgas derart dosiert, dass es das 1,2 bis 1,5-fache des Minutenvolumens beträgt.

Das Verhältnis der Menge von Sweepgas 64 zum Atemgasgemisch 5 kann variabel einstellbar und adaptiv an die entsprechende Beatmungssituation anpassbar sein. Bevorzugt kann der Sweepgasfluss anhand der CO<sub>2</sub>-Konzentration des expiratorischen Atemgases  $5_{\text{exp}}$  regelbar sein. Das mechanische Trennmittel 60 mit dem Sweepgas-Modul 70 bietet den Vorteil, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Atemgasgemisches 5 schnell, definiert, hochdynamisch und kostengünstig einstellbar ist. Da eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration den Patienten zur Spontanatmung anregt, kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration beispielsweise die Entwöhnung des Patienten von der maschinellen Beatmung (Weaning) beeinflussen.

Die Sweepgas-Zuleitung 71 kann entsprechend der Zuleitungen gemäß Figur 2 aufgebaut sein. Die Sweepgas-Zuleitung 71 kann auch mehr oder weniger Elemente als die Zuleitungen gemäß Figur 2

aufweisen. Die Sweepgas-Zuleitung 71 kann mindestens ein Ventil 88i zur Dosierung von Sweepgas 64 umfassen.

Das Sweepgas-Modul 70 kann insbesondere durch das Frischgas-Modul 6 und/oder das Sauerstoff-Modul 10 mit Gas versorgt werden. Sodann kann die Sweepgas-Zuleitung 71 zumindest ein bistabiles Schaltventil 87 und/oder zumindest ein bistabiles Nadelventil 88 umfassen sowie zumindest einen Flowsensor 85, über die die Sweepgas-Einleitung in das Trennmittel 60 kontrolliert geregelt wird (nicht gezeigt).

Die Vorteile des mechanischen Trennmittels 60 gegenüber eines chemischen Trennmittels 40 sind folgende:

- 10 - Wesentliche Einsparung von Anästhetika VA, da diese nicht herausgefiltert werden, sondern im Kreislauf und somit im Atemgasgemisch 5 verbleiben
- Das mechanische Trennmittel 60 ist chemisch neutral bzw. inert
- Es findet somit keine Hitzeentwicklung und keine Wasserbildung bei CO<sub>2</sub>-Abscheidung statt
- Es entsteht somit kein chemischer Sondermüll
- 15 - Das mechanische Trennmittel 60 ist für einen sehr langen Einsatz ausgebildet (bis zu einem Jahr) und es bedarf selten eines Austausches des Trennmittels 60
- Der Austausch des Trennmittels 60 kann somit durch einen Servicemitarbeiter erfolgen
- Durch den selteneren Austausch besteht eine geringere Kontaminationsgefahr
- Das Trennmittel 60 kann optional nach einer Aufbereitung wiederverwendet werden
- 20 - Das Trennmittel 60 ist durch seine Langlebigkeit kostengünstiger als chemische Trennmittel 40

Ausführungsformen mit einem mechanischen Trennmittel 60 und einem Bypass 75 bieten viele Vorteile. Durch den Bypass 75 kann zumindest abschnittsweise ein permanenter Gasfluss (Byflow) in der Atemgasleitung 4 bereitgestellt werden. Insbesondere kann durch den Bypass 75 ein permanenter Gasfluss in dem Bereich der Atemgasleitung 4 bereitgestellt sein, in den die Anästhetika-Zuleitung 9 einmündet. Insbesondere kann durch den Bypass 75 ein permanenter Gasfluss im Verdunstungselement 8a anliegen. Dadurch, dass im Verdunstungselement 8a ein permanenter Fluss (Byflow) des Atemgasgemisches 5 vorherrscht, können die Anästhetika VA besonders vorteilhaft über eine Flüssigdosierung in das Atemgasgemisch 5 eingeleitet und/oder vermischt werden.

30 Der Vorteil von Ausführungsbeispielen mit zumindest einem Bypass 75 besteht darin, dass der Byflow nicht durch das gesamte System geleitet wird. Der Byflow kann auf den zweiten Kreislauf K2 beschränkt sein. Durch den Bypass 75 wird ermöglicht, dass der Byflow nicht zum Patienten fließt. Durch den Bypass 75 wird zudem ermöglicht, dass der Byflow nicht durch das mechanische Trennmittel 60 fließt. Dies bietet den besonderen Vorteil, dass das expiratorische Atemgas 5<sub>exp</sub> unverdünnt in das Trennmittel 60 eingeleitet wird. Dies erhöht die Effizienz des mechanischen Trennmittels 60 signifikant. Zum einen ist durch den fehlenden Byflow im Trennmittel 60 die CO<sub>2</sub>-Konzentration bei Einleitung in das Trennmittel 60 hoch, was eine CO<sub>2</sub>-Abscheidung vorteilhaft beeinflusst. Zum anderen erhöht sich die Verweilzeit des expiratorischen Atemgases 5<sub>exp</sub> im Trennmittel 60. Im

Expiratorischen Plateau findet kein Gasfluss im Trennmittel 60 statt, was die Diffusion von CO<sub>2</sub> in das Sweepgas begünstigt.

Durch das Bypass-Sperrventil 76 kann die atemgasleitende Verbindung des Bypasses hergestellt oder blockiert werden. Eine Blockierung des Bypasses 75 kann vorteilhaft sein, wenn die Konzentration der Anästhetika VA oder die des Sauerstoffes im Atemgasgemisch 5 im inspiratorischen Zweig 1 rasch verändert werden soll. Dabei muss beachtet werden, dass in dieser Zeit die Effizienz des Diffusionsabsorbers verringert ist.

Die Vorrichtung 100 des zweiten Ausführungsbeispiels kann in den zu den Figur 1A-1F beschriebenen unterschiedlichen Arbeitsmodi M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 betrieben werden. Die Arbeitsmodi können manuell eingestellt und/oder automatisch von der Steuereinrichtung 101 vorgegeben werden.

Auch im zweiten Ausführungsbeispiel können mit der Vorrichtung 100 volatile Anästhetika VA appliziert, geleitet und insbesondere auch gezielt abgeleitet werden zur Entsorgung oder zur Wiederverwendung. Im zweiten Ausführungsbeispiel kann mit der Vorrichtung 100 auch eine Beatmung ohne volatile Anästhetika VA ausgeführt werden.

Die Arbeitsmodi im zweiten Ausführungsbeispiel können beispielsweise über die Einstellungen der Ventile 25, 26, 27, 28, 29 und optional auch über die Einstellungen des Gebläses 3 und/oder des Druckentlastungsventil 30 sowie über die Betätigung des Reservoirs 12 realisiert werden. Die Arbeitsmodi im zweiten Ausführungsbeispiel können insbesondere auch über die Einstellung des Bypass-Sperrventils 76 beeinflusst werden.

Die Arbeitsmodi M1 bis M7 des zweiten Ausführungsbeispiels entsprechen in weiten Teilen den oben ausgeführten Arbeitsmodi des ersten Ausführungsbeispiels. Insbesondere durch den Bypass und die sich unterscheidenden Trennmittel 40, 60 gibt es jedoch Unterschiede, die im Folgenden beschrieben werden.

Im ersten Arbeitsmodus M1 für eine manuelle Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika liefert auch im zweiten Ausführungsbeispiel das Reservoir 12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 und somit die Atemenergie. Das inspiratorische Atemgas  $S_{\text{insp}}$  wird über den inspiratorischen Zweig 1 zum Patienten geleitet und das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  wird über den expiratorischen Zweig 2 vom Patienten fortgeleitet. Frischgas-Schaltventil 32 und O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 befinden sich in ihren Grundstellungen. Die Frischgaseinleitung kann somit in Strömungsrichtung hinter das Rückschlagventil 21 erfolgen. Die optionale Sauerstoffeinleitung über den O<sub>2</sub>-Flush 10 kann in Strömungsrichtung hinter das Gebläse 3 und vor die Sicherheitsventile 23,24 erfolgen. Das Anästhetika-Modul 8 ist aktiv, so dass volatile Anästhetika VA über die Anästhetika-Zuleitung 9 in das Verdunstungselement 8a eingeleitet und dem Atemgasgemisch 5 beigefügt werden können.

Das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  kann über den expiratorischen Zweig 2 vom Patienten weggeleitet werden. Im expiratorischen Zweig 2 passiert das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  das mechanische Trennmittel 60. Das Sweepgas-Modul 70 ist im ersten Arbeitsmodus M1 aktiv und leitet Sweepgas in das Trennmittel 60. Dadurch ist auch das Trennmittel 60 aktiv und kann zumindest CO<sub>2</sub> aus dem

expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  abtrennen. Das expiratorische Atemgas  $5_{\text{exp}}$  kann sodann das aktive PEEP-Ventil 30 passieren, das auf einen individuellen Ausatemdruck regelt.

Sodann kann das Atemgasgemisch 5 auch in dem zweiten Ausführungsbeispiel zwei verschiedene Wege nehmen:

- 5 Das Atemgasgemisch 5 kann zum einen in Richtung der Hauptströmung 5 im Kreislauf geleitet werden, da das Sperrventil 28 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt ist und die Atemgasleitung 4 freigibt. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel muss das Atemgasgemisch 5 hierbei keinen chemischen CO<sub>2</sub>-Absorber 40 und somit auch kein Feuchtigkeitsregelungsmodul 41 passieren. Da das
- 10 CO<sub>2</sub> bereits durch das mechanische Trennmittel 60 abgeschieden wurde, kann das Atemgasgemisch 5 im Kreislauf geführt und wieder dem Patienten zugeführt werden. Es ist jedoch auch denkbar, dass im zweiten Ausführungsbeispiel ein Feuchtigkeitsregelungsmodul 41 umfasst ist, um dem Kreislauf Feuchtigkeit zu entziehen und/oder zuzuführen (nicht gezeigt).

Zum anderen kann das Atemgasgemisch 5 auch zumindest in Teilen über das APL-Ventil 29 durch das Fortleitungssystem 14 aus dem Kreislauf abgeleitet werden.

- 15 Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 1 kann im zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 ein zweiter Kreislauf mit einer Bypass-Strömung S1 bestehen. Der Bypass 75 ist eingerichtet und ausgebildet, den zweiten Kreislauf bei Bedarf zuzulassen.

- Im ersten Arbeitsmodus M1 ist das Bypass-Sperrventil 76 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt bzw. in einer Ruhestellung. Das Bypass-Sperrventil 76 kann im ersten Arbeitsmodus M1
- 20 ohne Einwirkung der Magnetspule als einfaches Rückschlagventil wirken. Im ersten Arbeitsmodus M1 gibt das Bypass-Sperrventil 76 den Bypass 75 in Richtung der Bypass-Strömung S1 frei.

- Der Bypass 75 bietet den Vorteil, dass ein zweiter Kreislauf für das Atemgasgemisch 5 geschaffen wird, der nicht zum Patienten geleitet wird. Im zweiten Kreislauf kann ein nahezu konstanter Fluss erzeugt werden, der unabhängig von den Atemphasen des Patienten besteht. Dieser nahezu konstante Fluss
- 25 verläuft sodann auch durch das Verdunstungselement 8a und begünstigt die Flüssigdosierung der Anästhetika. Darüber hinaus bietet der Bypass 75 durch die Erzeugung des zweiten Kreislaufs den Vorteil, dass ein geringerer Fluss durch das Trennmittel 60 geleitet wird und somit Sweepgas 64 eingespart werden kann.

- Im zweiten Arbeitsmodus M2 für eine maschinelle Beatmung unter Applikation volatiler Anästhetika
- 30 liefert auch im zweiten Ausführungsbeispiel das Gebläse 3 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 und somit die Atemenergie. Das Reservoir 12 dient als Speicher für zumindest einen Teil des Atemgasgemisches 5. Das Frischgas-Schaltventil 32 und das O<sub>2</sub>-Flush-Schaltventil 31 befinden sich in der Grundstellung. Frischgas wird über die erste Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 eingeleitet und durch das Gebläse 3 zum Patienten gefördert. Das Anästhetika-Modul 8 ist aktiv. Im
- 35 zweiten Ausführungsbeispiel sind das Sweepgas-Modul 70 und somit auch das Trennmittel 60 auch im Arbeitsmodus M2 aktiv, so dass zumindest CO<sub>2</sub> abgeschieden werden kann und das Atemgasgemisch 5 zumindest zum Teil im Kreislauf verbleiben kann.

Bei Betrieb des Gebläses 3 kann das Gebläse 3 das (mit Frischgas und/oder Anästhetika angereicherte) Atemgasgemisch 5 aus der Atemgasleitung 4 ansaugen, so dass stromaufwärts vor dem Gebläse 3 zumindest partiell ein Unterdruck entstehen kann. Dadurch kann Atemgasgemisch 5 aus dem Reservoir 12 angesaugt werden. Bleibt der Unterdruck bestehen, zum Beispiel wenn das Frischgas-Modul 6 und/oder das Reservoir 12 zu wenig Volumen bereitstellt, kann das Einlassventil 27 öffnen und der Atemgasleitung 4 Umgebungsluft zuführen.

Der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 kann in der Atemgasleitung 4 angeordnet sein. Der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 kann in manchen Ausführungsbeispielen auch in der Reservoir-Leitung 13 angeordnet sein. Beispielhaft kann der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 im zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 in der Reservoir-Leitung 13 liegen. In diesem konkreten Ausführungsbeispiel kann der Einspeisepunkt für Umgebungsluft 227 zwischen dem Reservoir 12 und dem Reservoir-Einspeisepunkt 213 in die Atemgasleitung 4 liegen. Dadurch kann Umgebungsluft über die Reservoir-Leitung 14 direkt in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden kann.

Die Ventile 26,28,29 sind im zweiten Arbeitsmodus M2 derart geschaltet, dass das Atemgasgemisch 5 im Wesentlichen im Kreislauf entlang der Hauptströmungsrichtung S verläuft, im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel passiert das Atemgasgemisch 5 im zweiten Ausführungsbeispiel jedoch kein chemisches Trennmittel 40. Ein Feuchtigkeitsregelungsmodul 41 kann optional enthalten sein, kann durch den fehlenden chemischen Absorber 40 jedoch entbehrlich sein.

Das Bypass-Sperrventil 76 des zweiten Ausführungsbeispiels befindet sich im zweiten Arbeitsmodus M2 in seiner Ruhestellung. Somit ist der Bypass 75 aktiv und kann in Richtung der Bypass-Strömung S1 durchströmt werden. Im Arbeitsmodus M2 des zweiten Ausführungsbeispiels besteht somit wie im ersten Arbeitsmodus M1 ein zweiter Kreislauf für das Atemgasgemisch 5.

Der dritte Arbeitsmodus M3 für eine manuelle Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika kann im ersten und im zweiten Ausführungsbeispiel sehr ähnlich sein. Das Atemgasgemisch 5 kann beispielsweise gleich oder ähnlich geführt werden. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass im dritten Arbeitsmodus M3 der Bypass 75 und/oder das Sweepgas-Modul 70 und/oder das mechanische Trennmittel 60 des zweiten Ausführungsbeispiels inaktiv sind.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das Bypass-Sperrventil 76 mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt und/oder in einer aktiven Stellung sein. Das Bypass-Sperrventil 76 kann im dritten Arbeitsmodus M3 unter Einwirkung der Magnetspule als Sperrventil wirken. Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das Bypass-Sperrventil 76 den Bypass 75 derart absperren, dass der Bypass 75 inaktiv ist. Im dritten Arbeitsmodus M3 wird durch das aktive Bypass-Sperrventil 76 der zweite Kreislauf für das Atemgasgemisch 5 unterbunden.

Im dritten Arbeitsmodus M3 kann das Sweepgas-Modul 70 inaktiv sein. Ein inaktives Sweepgas-Modul 70 fördert kein Sweepgas 64 in das mechanische Trennmittel 60. Dadurch, dass kein Sweepgas-Fluss in dem Trennmittel 60 anliegt, ist das mechanische Trennmittel 60 inaktiv. Das Trennmittel 60 kann passiv durchströmt werden. Das expiratorische Atemgasgemisch  $5_{\text{exp}}$  kann im dritten Arbeitsmodus M3 das Trennmittel 60 durchströmen, ohne dass CO<sub>2</sub> abgeschieden wird.

Da dem Atemgasgemisch 5 im dritten Arbeitsmodus M3 in der Regel keine volatilen Anästhetika VA beigefügt werden, kann das expiratorische Atemgas  $5_{exp}$  durch Absperrung des Sperrventils 28 und Öffnung des Ablassventils 26 wie oben beschrieben in einem halboffenen Kreislauf geführt werden.

5 Auch der vierte Arbeitsmodus M4 für eine automatische Beatmung ohne Applikation volatiler Anästhetika kann im ersten und im zweiten Ausführungsbeispiel sehr ähnlich sein. Das Atemgasgemisch 5 kann beispielsweise gleich oder ähnlich geführt werden. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass auch im vierten Arbeitsmodus M4 der Bypass 75 und/oder das Sweepgas-Modul 70 und/oder das mechanische Trennmittel 60 des zweiten Ausführungsbeispiels inaktiv sind. Wie im ersten Ausführungsbeispiel sind auch im zweiten Ausführungsbeispiel zur Realisierung des vierten Arbeitsmodus M4 das Gebläse 3 aktiv und das Überlaufventil 25 mit einem niedrigen Arbeitsdruck beaufschlagt zur Aktivierung der ersten Leitung 14i. Zudem ist das Sperrventil 28 aktiv zur Unterbindung des Kreislaufs und das Ablassventil 26 geöffnet zur Aktivierung der dritten Leitung 14iii. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel kann im zweiten Ausführungsbeispiel die Umgebungsluft durch das Einlassventil 27 bei Bedarf direkt in die Reservoir-Leitung 13 eingespeist werden.

15 Die Vorrichtung 100 gemäß des zweiten Ausführungsbeispiel kann im fünften Arbeitsmodus M5 für eine manuelle Beatmung in einem Akku- und/oder Fehlermodus betrieben werden. Der fünfte Arbeitsmodus M5 kann im ersten und im zweiten Ausführungsbeispiel ähnlich sein. Eine Notversorgung über eine manuelle Beatmung kann sichergestellt sein, indem das Reservoir 12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefert und Frischgas mit einem konstanten Fluss über die erste Frischgas-Zuleitung 7i in die Atemgasleitung 4 eingespeist werden kann. Die Frischgas-Zuleitung 7i ist stromlos geöffnet.

20 Der Strömungsweg des Atemgases verläuft grundsätzlich wie im ersten Ausführungsbeispiel vom Reservoir 12 über den inspiratorischen Zweig 1 zum Patienten und vom Patienten über den expiratorischen Zweig 2 in Richtung der Hauptströmung S im Kreislauf und/oder über das APL-Ventil 29 und die zweite Leitung 14ii zum Ausgang 14-A.

25 Im Unterscheid zum ersten Ausführungsbeispiel kann im zweiten Ausführungsbeispiel der Bypass 75 aktiv sein. Das Bypass-Sperrventil 76 kann stromlos als einfaches Rückschlagventil wirken. Das Atemgasgemisch 5 kann sodann zusätzlich mit einem relativ konstanten Fluss in dem zweiten Kreislauf geführt werden.

30 Im fünften Arbeitsmodus M5 ist das Sweepgas-Modul 70 stromlos aktiv, so dass Sweepgas 64 in das mechanische Trennmittel 60 eingeleitet werden kann und CO<sub>2</sub> abgeschieden werden kann. Stromlos ist die Sweepgas-Zuleitung offen. Das Ventil 88i zur Dosierung von Sweepgas 64 kann eingerichtet sein, die Sweepgas-Dosierung stromlos auf das 1,2- bis 2-fache des zuletzt eingestellten Minutenvolumens zu stellen, bevorzugt auf das 1,5-fache. Der Vorteil des zweiten Ausführungsbeispiels besteht darin, dass durch die mechanische CO<sub>2</sub>-Abscheidung keine besondere Feuchtigkeitsentwicklung entsteht. Zudem ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung durch das stromlos aktive Sweepgas-Modul 70 gesichert.

Der sechste Arbeitsmodus M6 für einen konstanten Fluss (HFOT), mit oder ohne Applikation volatiler Anästhetika kann im ersten und im zweiten Ausführungsbeispiel sehr ähnlich sein. Das Atemgasgemisch 5 kann beispielsweise gleich oder ähnlich geführt werden. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass im sechsten Arbeitsmodus M6 der Bypass 75 des zweiten Ausführungsbeispiels inaktiv ist.

Das Bypass-Sperrventil 76 kann im sechsten Arbeitsmodus M6 mit einem hohen Arbeitsdruck beaufschlagt und/oder in einer aktiven Stellung sein. Somit kann das Bypass-Sperrventil 76 den Bypass 75 inaktivieren bzw. absperren. Ein inaktiver Bypass 75 im sechsten Arbeitsmodus M6 bedeutet, dass das Atemgasgemisch 5 nicht den Bypass 75 passieren kann. Das Atemgasgemisch 5 wird sodann wie oben beschrieben in einem offenen Kreislauf geleitet. Das Atemgasgemisch 5 wird über den inspiratorischen Zweig 1 zum Patienten geleitet, so dass der Patient mit einem konstanten Fluss versorgt werden kann.

Der siebte Arbeitsmodus M7 kann im zweiten Ausführungsbeispiel ähnlich zum ersten Ausführungsbeispiel realisiert werden. Die Vorrichtung 100 gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels kann somit auch in einem Servicemodus betrieben werden. Der siebte Arbeitsmodus M7 ist insbesondere eingerichtet und ausgebildet, um kondensierte Feuchtigkeit aus der Vorrichtung 100 zu entfernen. Auch wenn durch die vorteilhafte Wirkungsweise des mechanischen Trennmittels 60 gegenüber dem chemischen Trennmittel 40 grundsätzlich weniger Feuchtigkeit in der Vorrichtung 100 ausfallen kann, ist es möglich, den siebten Arbeitsmodus M7 zu realisieren, um kondensierte Feuchtigkeit zu entfernen.

Im siebten Arbeitsmodus M7 kann bei Betrieb des Gebläses 3 und einem inaktiven Frischgas-Modul 6 Umgebungsluft über das Einlassventil 27 in die Reservoir-Leitung 13 und von dort in die Atemgasleitung 4 gefördert werden. Über den Ausgang 14-A können die Gase wieder abgeleitet werden. Im siebten Arbeitsmodus M7 kann der Bypass 75 aktiv sein und mit durchströmt werden. Denkbar ist auch, dass der Bypass 75 durch Aktivierung des Bypass-Sperrventils 76 inaktiviert ist. Bei Betrieb im siebten Arbeitsmodus M7 kann das Sweepgas-Modul 70 inaktiv sein und das mechanische Trennmittel 60 passiv durchströmt werden.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben wurde, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Vielmehr sind Abwandlungen in einer Weise möglich, dass einzelne Merkmale weggelassen werden oder andersartige Kombinationen der beschriebenen Einzelmerkmale verwirklicht werden können, sofern der Schutzbereich der beiliegenden Ansprüche nicht verlassen wird. Die vorliegende Offenbarung schließt sämtliche Kombinationen der vorgestellten Einzelmerkmale mit ein.

## Bezugszeichenliste

CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
K1	Erster Kreislauf
K2	Zweiter Kreislauf
M1	Erster Arbeitsmodus
M2	Zweiter Arbeitsmodus
M3	Dritter Arbeitsmodus
M4	Vierter Arbeitsmodus
M5	Fünfter Arbeitsmodus
M6	Sechster Arbeitsmodus
M7	Siebter Arbeitsmodus
N <sub>2</sub>	Stickstoff
P1	Erster Druck
P2	Zweiter Druck
P <sub>insp</sub>	Inspirationsdruck
P <sub>exp</sub>	Expirationsdruck
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck
S	Hauptströmung
S1	Bypass-Strömung
S2	Sweepgas-Strömung
S3	Auslass-Strömung
VA	Volatile Anästhetika
ZGA	Zentrale Gasanlage
1	Inspiratorischer Zweig
2	Expiratorischer Zweig
3	Gebläseeinheit / Gebläse
3a	Gebläseausgang
4	Atemgasleitung
5	Atemgasgemisch
5 <sub>insp</sub>	Inspiratorisches Atemgas
5 <sub>exp</sub>	Expiratorisches Atemgas
6	Frischgas-Modul
7	Frischgas-Zuleitung
7i	Erste Frischgas-Zuleitung
7ii	Zweite Frischgas-Zuleitung
8	Anästhetika-Modul
8a	Verdunstungselement
9	Anästhetika-Zuleitung
10	Sauerstoff-Modul / O <sub>2</sub> -Flush
11	O <sub>2</sub> -Flush-Zuleitung
11i	Erste O <sub>2</sub> -Flush-Zuleitung
11ii	Zweite O <sub>2</sub> -Flush-Zuleitung
12	Reservoir
13	Reservoir-Leitung
14	Fortleitungssystem
14i	Erste Leitung
14ii	Zweite Leitung
14iii	Dritte Leitung
14-A	Ausgang

15	Inspiratorischer Drucksensor	
16	Expiratorischer Drucksensor	LU103147
17	Inspiratorischer Flowsensor	
18	Expiratorischer Flowsensor	
19	Sensor	
20	Multigas-Sensor	
21	Erstes Rückschlagventil	
22	Zweites Rückschlagventil	
23	Erstes Sicherheitsventil	
24	Zweites Sicherheitsventil	
25	Überlaufventil	
26	Ablassventil	
27	Einlassventil	
28	Sperrventil	
29	APL-Ventil	
30	Druckregelungsventil (PEEP-Ventil)	
31	O <sub>2</sub> -Flush-Schaltventil	
32	Frischgas-Schaltventil	
35	Handbeutel	
39	Drucksensor	
40	Chemisches Trennmittel	
41	Feuchtigkeitsregelungs-Modul	
43	Stickoxid-Modul	
44	Stickoxid-Zuleitung	
60	Mechanisches Trennmittel	
61	Diffusionsfilter	
62	Erste Kammer	
63	Zweite Kammer	
64	Sweepgas	
65	Zweikammersystem	
70	Sweepgas-Modul	
71	Sweepgas-Zuleitung	
75	Bypass	
76	Bypass- Sperrventil	
77	Drittes Sicherheitsventil	
80	Druckregulator / Druckminderer	
81	Stenose	
82	Filter	
83	Überdruckventil	
84	Drucksensor	
85	Flowsensor	
86	Rückschlagventil	
87	Schaltventil	
88	Dosierventil	
89	Bezugsquelle	
90	Patient	
91	Patienteninterface	
92	Schlauchsystem	
93	Anschluss für eine Patientenschnittstelle	
94	Filter	
95	Sensor	
100	Vorrichtung	

101	Steuereinrichtung
102	Speichereinheit
103	Primäre Stromquelle
104	Sekundäre Stromquelle
110	Beatmungsspezifische Parameter
111	Patientenparameter
207	Frischgas-Einspeisepunkt
209	Anästhetika-Einspeisung
211	O2-Flush-Einspeisepunkt
213	Reservoir-Einspeisepunkt
214	Verbindungspunkt (Fortleitungssystem)
227	Einspeisepunkt Umgebungsluft
800	Tank
810	Druckversorgungseinheit
811	Ventil zum Belasten
812	Ventil zum Entlasten
813	Schaltventil
820	Aufnahmeeinheit
821	Aufnahmebucht
830	Selektionseinheit
831	Selektionsventil
840	Dosiereinheit
841	Dosierventil
850	Sicherheitseinheit
851	Erstes Ventil (Sicherheitsventil)
852	Zweites Ventil (Sicherheitsventil)
860	Temperatureinheit
861	Heizelement



## Patentansprüche

LU103147

1. Vorrichtung 100 zur Atemgasversorgung mit mindestens einer Atemgasleitung 4 zur Leitung eines Atemgasgemisches 5, wobei die Atemgasleitung 4 mindestens einen Ausgang 14-A umfasst, über den das Atemgasgemisch 5 zumindest teilweise, zumindest zeitweise ableitbar ist, wobei die Atemgasleitung 4 einen inspiratorischen Zweig 1 umfasst, der atemgasleitend zu einem Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle ausgebildet ist, wobei die Atemgasleitung 4 einen expiratorischen Zweig 2 umfasst, der atemgasleitend zwischen dem Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle und dem Ausgang 14-A ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Atemgasleitung 4 mindestens ein Sperrventil 28 angeordnet ist, das ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem expiratorischen Zweig 2 zu dem inspiratorischen Zweig 1 herzustellen.
2. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens ein Reservoir 12 für das Atemgasgemisch 5 und mindestens ein Gebläse 3 umfasst, das eingerichtet ist, eine Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 bereitzustellen, wobei Reservoir 12 und Gebläse 3 in oder an dem inspiratorischen Zweig 1 angeordnet sind.
3. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sperrventil 28 als Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, die atemgasleitende Verbindung in einer Durchflussrichtung vom expiratorischen Zweig 2 zum inspiratorischen Zweig 1 herzustellen.
4. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sperrventil 28 als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise die Atemgasleitung 4 in beide Durchflussrichtungen zu sperren.
5. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 eine Steuereinrichtung 101 und mindestens eine Stromquelle 103, 104 umfasst.
6. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sperrventil 28 eingerichtet ist, bei Bestromung durch die mindestens eine Stromquelle 103, 104 die Atemgasleitung 4 in beide Durchflussrichtungen zu sperren.
7. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sperrventil 28 eingerichtet ist, bei Bestromung die atemgasleitende Verbindung von dem expiratorischen Zweig 2 zu dem inspiratorischen Zweig 1 zu unterbinden.
8. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Atemgasgemisch 5 bei Bestromung des Sperrventils 28 aus dem expiratorischen Zweig 2 vollständig über den Ausgang 14-A ableitbar ist.
9. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** inspiratorischer Zweig 1 und expiratorischer Zweig 2 ohne Bestromung des Sperrventils 28 zumindest einen ersten Kreislauf K1 ausbilden, in dem das Atemgasgemisch 5 leitbar ist, wobei das Atemgasgemisch 5 über den Ausgang 14-A zumindest teilweise ableitbar ist.
10. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens ein regelbares Druckregelungsventil 29, 30 umfasst.

11. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 29, 30 eingerichtet ist, einen Inspirationsdruck P<sub>insp</sub> und/oder einen Expirationsdruck P<sub>exp</sub> zu regeln.
12. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 29, 30 manuell und/oder elektrisch einstellbar ist.
13. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 ein APL-Ventil 29 zur Regelung des Inspirationsdrucks P<sub>insp</sub> umfasst.
14. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Atemgasgemisch 5 über den Ausgang 14-A ableitbar ist, wenn der Druck in der Atemgasleitung 4 den inspiratorischen Druck P<sub>insp</sub> übersteigt.
15. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das APL-Ventil 29 als regelbar belastetes Rückschlagventil eingerichtet ist.
16. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das APL-Ventil 29 einen Schrittmotor umfasst, über den das APL-Ventil 29 einstellbar ist.
17. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilstellung des APL-Ventils 29 unter Bestromung eingestellt und/oder gehalten wird.
18. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilstellung des APL-Ventils 29 ohne Bestromung auf dem zuletzt eingestellten Wert verbleibt.
19. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das APL-Ventil 29 manuell und/oder elektrisch einstellbar ist.
20. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 ein Druckregelungsventil 30 zur Regelung des Expirationsdrucks P<sub>exp</sub> umfasst.
21. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 30 im expiratorischen Zweig 2 angeordnet ist.
22. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 30 zur Regelung eines endexpiratorischen Expirationsdrucks PEEP eingerichtet ist.
23. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 30 eingerichtet ist, ohne Bestromung passiv auf einen voreingestellten Expirationsdruck P<sub>exp</sub> zu regeln.
24. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der voreingestellte Expirationsdruck P<sub>exp</sub> des Druckregelungsventil 30 3 hPa bis 10 hPa beträgt, beispielsweise 5 hPa.
25. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Atemgasgemisch 5 Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> und/oder volatile Anästhetika VA enthält.
26. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens eine Anästhetika-Zuleitung 9 zur Einleitung von volatilen Anästhetika VA in die Atemgasleitung 4 umfasst.

27. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Atemgasleitung 4 ein erster Druck P1 anliegt und dass in der Anästhetika-Zuleitung 9 ein zweiter Druck P2 anliegt, wobei der erste Druck P1 kleiner ist als der zweite Druck P2.
28. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Druck P2 mindestens 100 kPa beträgt, bevorzugt mindestens 180 kPa.
29. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Druck P1 kleiner als 100 kPa ist, bevorzugt kleiner als 50 kPa, besonders bevorzugt kleiner als 10 kPa.
30. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Druck P1 kleiner als 8 kPa ist, bevorzugt kleiner als 5 kPa, besonders bevorzugt kleiner als 3 kPa.
31. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 bei Raumtemperatur betreibbar ist.
32. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die volatilen Anästhetika VA ausgewählt sind aus der Gruppe: Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane, Halothane, Enflurane, Methoxyflurane.
33. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die volatilen Anästhetika VA in der Anästhetika-Zuleitung 9 flüssig zu der Atemgasleitung 4 leitbar sind.
34. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die volatilen Anästhetika VA bei Einleitung in die Atemgasleitung 4 mit einer Verdunstungsrate von 0 bis 2 l/min verdunsten.
35. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die verdunsteten volatilen Anästhetika VA in der Atemgasleitung 4 mit dem Atemgasgemisch 5 vermischen.
36. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens ein Sicherheitsventil 851 umfasst, das eingerichtet und ausgebildet ist, die Zufuhr von volatilen Anästhetika VA zu blockieren.
37. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitsventil 851 als Schaltventil ausgebildet ist.
38. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitsventil 851 elektrisch und/oder manuell einstellbar ist.
39. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitsventil 851 als elektrisch betriebenes Schaltventil ausgebildet ist, wobei das Sicherheitsventil 851 ohne Bestromung eingerichtet ist, die Einleitung von volatilen Anästhetika VA in das Atemgasgemisch 5 zu blockieren.
40. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgang 14-A mindestens einen Filter 94 umfasst.
41. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Filter 94 austauschbar ist.

42. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** über den Ausgang 14-A abgeleitetes Atemgasgemisch 5 den Filter 94 vollständig passiert.
43. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Filter 94 ein Absorptionsmittel ist und/oder ein Absorptionsmittel umfasst und eingerichtet und ausgebildet ist, zumindest volatile Anästhetika VA und/oder deren Metabolite zu absorbieren.
- 5 44. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Filter 94 Aktivkohle umfasst.
45. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** am Ausgang 14-A ein Doppelfilter-System mit einem ersten Filter 94i und einem zweiten Filter 94ii angeordnet ist, wobei der zweite Filter 94ii in Durchflussrichtung hinter dem ersten Filter 94i angeordnet ist.
- 10 46. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens einen Sensor 95 umfasst, der im oder am Ausgang 14-A angeordnet ist.
- 15 47. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor 95 ausgebildet und eingerichtet ist, die Konzentration volatiler Anästhetika VA und/oder deren Metabolite zu erfassen und an die Steuereinrichtung 101 zu übermitteln.
48. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konzentration volatiler Anästhetika VA und/oder deren Metabolite in Durchflussrichtung zumindest vor und/oder hinter dem ersten Filter 92i erfassbar und an die Steuereinrichtung 101 übermittelbar ist.
- 20 49. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung 101 eingerichtet ist, einen Alarm zu generieren, wenn die Konzentration volatiler Anästhetika VA und/oder deren Metabolite einen Grenzwert überschreitet.
- 25 50. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 ein Trennmittel 40,60 umfasst, das eingerichtet ist, zumindest CO<sub>2</sub> aus dem Atemgasgemisch 5 abzutrennen.
51. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennmittel ein chemisches Trennmittel 40 und/oder ein mechanisches Trennmittel 60 ist.
- 30 52. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das chemische Trennmittel 40 mindestens ein CO<sub>2</sub>-bindendes Absorptionsmittel enthält, das ausgewählt ist aus der Gruppe: Calciumhydroxid, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Bariumhydroxid, Atemkalk.
53. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das chemische Trennmittel 40 von expiratorischem Atemgas 5<sub>exp</sub> durchströmbar ist, wenn der inspiratorische Zweig 1 und der expiratorische Zweig 2 den Kreislauf K1 ausbilden.
- 35 54. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Trennmittel 60 im expiratorischen Zweig 2 angeordnet ist.
55. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Trennmittel 60 benachbart zum Anschluss 93 für eine Patientenschnittstelle ist.
- 40

56. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennmittel 60 mindestens einen Diffusionsfilter 61 umfasst, der als semipermeable Membran ausgebildet ist und zumindest für CO<sub>2</sub>-Moleküle durchlässig ist.
57. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Diffusionsfilter 61 zumindest für volatile Anästhetika VA nicht durchlässig ist.
58. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennmittel 60 als Zweikammersystem 65 ausgebildet ist, das mindestens eine erste Kammer 62 und mindestens eine zweite Kammer 63 umfasst, wobei die erste Kammer 62 und die zweite Kammer 63 gasleitend sind und durch den Diffusionsfilter 61 voneinander getrennt sind.
59. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kammer 62 eingerichtet ist, expiratorisches Atemgas  $S_{\text{exp}}$  aufzunehmen und dass die zweite Kammer 63 eingerichtet ist, ein Sweepgas 64 aufzunehmen, wobei das Sweepgas 64 zumindest eine geringere CO<sub>2</sub>-Konzentration als das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  aufweist.
60. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kammer 62 eingerichtet ist, das expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  in Richtung einer Hauptströmung S zu führen, wobei die zweite Kammer 63 eingerichtet ist, das Sweepgas 64 in Richtung einer Sweepgas-Strömung S<sub>2</sub> zu führen, wobei die Strömungsrichtung der Hauptströmung S entgegengesetzt zur Strömungsrichtung der Sweepgas-Strömung S<sub>2</sub> ist.
61. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Sweepgases 64 bei Einleitung in die zweite Kammer 63 unter 10 %, bevorzugt unter 5 %, besonders bevorzugt 0 % beträgt.
62. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens eine Sweepgas-Zuleitung 71 zur Bereitstellung von Sweepgas 64 für das mechanische Trennmittel 60 umfasst, wobei die Sweepgas-Zuleitung 71 mindestens ein Ventil 88i zur Dosierung von Sweepgas 64 umfasst.
63. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flussrate des Sweepgases 64 größer oder gleich der Flussrate des expiratorische Atemgas  $S_{\text{exp}}$  ist.
64. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flussrate des Sweepgases 64 0 bis 20 l/min beträgt, bevorzugt 0 bis 10 l/min.
65. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flussrate des Sweepgases 64 in Relation zum Minutenvolumen eingestellt wird.
66. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flussrate des Sweepgases 64 das 1,1 bis 2 fache des Minutenvolumen beträgt, bevorzugt das 1,2 bis 1,5 fache des Minutenvolumens.
67. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens ein Ventil 88 zur Dosierung von Frischgas und/oder Sauerstoff O<sub>2</sub> umfasst.
68. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens ein Ventil 841 zur Dosierung von volatilen Anästhetika VA umfasst.

69. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dosierventile 88, 88i, 841 ausgewählt sind aus der Gruppe: Nadelventil, Proportionalventil, Schaltventil, Blende, Drosselventil.
70. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dosierventile 88, 88i, 841 als Nadelventile ausgebildet sind.
71. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dosierventile 88, 88i, 841 jeweils mindestens einen Schrittmotor umfassen, über den die Dosierventile 88, 88i, 841 einstellbar sind.
72. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilstellung der Dosierventile 88, 88i, 841 unter Bestromung eingestellt und/oder gehalten wird.
73. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilstellung der Dosierventile 88, 88i, 841 ohne Bestromung auf dem zuletzt eingestellten Wert verbleibt und/oder auf eine geöffnete Grundeinstellung fällt.
74. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens einen Sensor 15,16,17,18,19,20 zur Erfassung mindestens eines beatmungsspezifischen Parameters 110 umfasst.
75. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die beatmungsspezifischen Parameter 110 ausgewählt sind aus der Gruppe: inspiratorischer Patientendruck, inspiratorischer Patientenfluss, inspiratorisches Tidalvolumen, inspiratorisches Minutenvolumen, inspiratorische Atemfrequenz, inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, inspiratorische N<sub>2</sub>O-Konzentration, inspiratorische Anästhesiegas-Konzentration; expiratorischer Patientendruck, expiratorischer Patientenfluss, expiratorisches Tidalvolumen, expiratorisches Minutenvolumen, expiratorische Atemfrequenz, expiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration, expiratorische N<sub>2</sub>O-Konzentration, expiratorische Anästhesiegas-Konzentration; Gastemperatur, Gasfeuchtigkeit, Frischgasflow, Leckage.
76. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 mindestens eine Speichereinheit 102 umfasst, die eingerichtet und ausgebildet ist, zumindest die während der Atemgasversorgung erfassten beatmungsspezifischen Parameter zu speichern.
77. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichereinheit 102 zur Speicherung von Patientenparametern 111 eingerichtet ist, wobei die Patientenparameter 111 ausgewählt sind aus der Gruppe: Alter, Gewicht, Körpergröße, Body Mass Index (BMI), Vorerkrankungen.
78. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flussrate des Sweepgases 64 dynamisch an die beatmungsspezifischen Parameter 110 und/oder an die Patientenparameter 111 anpassbar ist.
79. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Atemgasleitung 4 einen Bypass 75 umfasst, der vom inspiratorischen Zweig 1 abzweigt und

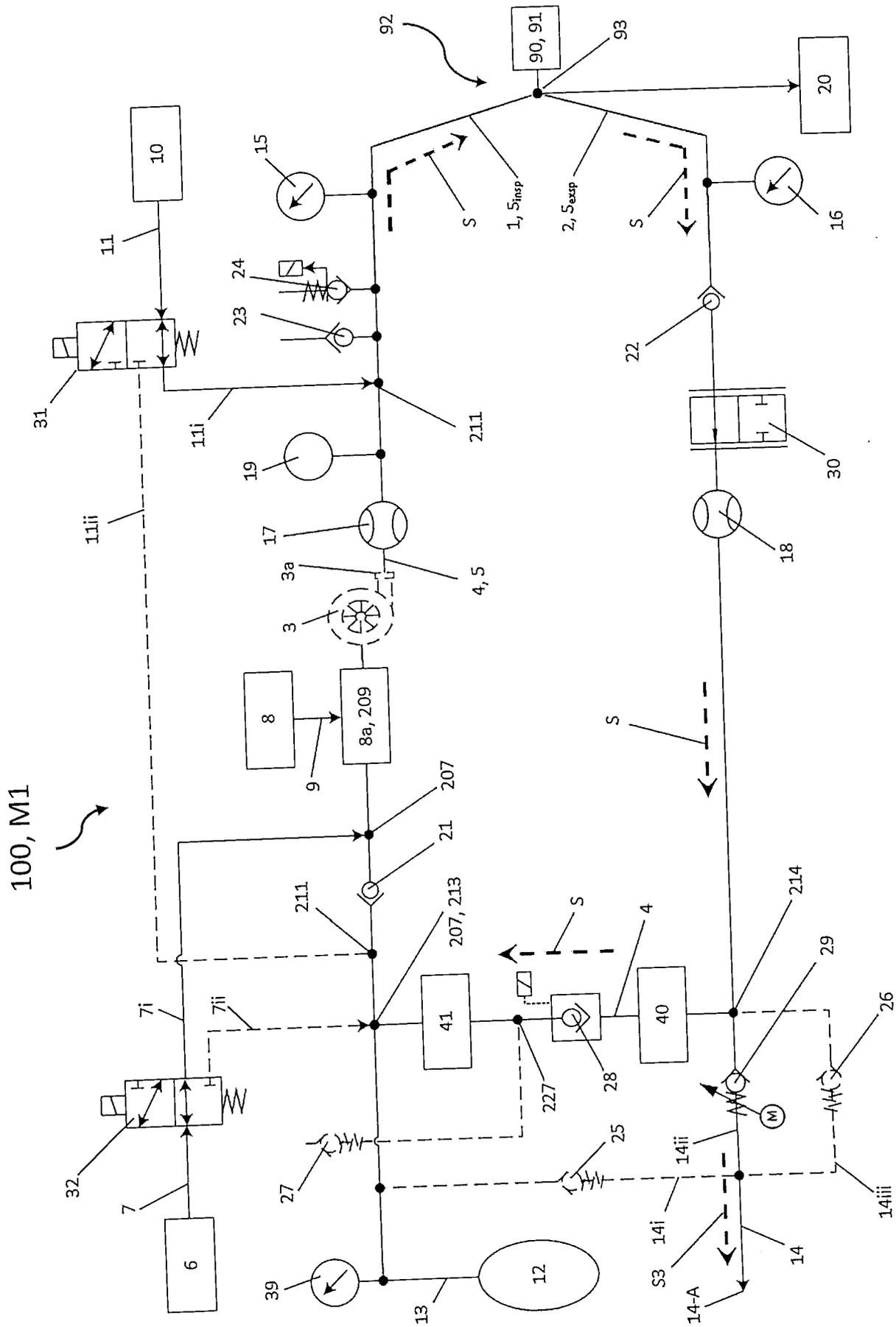
zwischen dem mechanischen Trennmittel 60 und dem Ausgang 14-A in den expiratorischen Zweig 2 einmündet.

- 5 80. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bypass 75 eingerichtet ist, zumindest zeitweise eine atemgasleitende Verbindung von dem inspiratorischen Zweig 1 zu dem expiratorischen Zweig 2 derart herzustellen, dass ein zweiter Kreislauf K2 ausgebildet ist, in dem das Atemgasgemisch 5 leitbar ist.
81. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Kreislauf K2 zumindest teilweise dem ersten Kreislauf K1 entspricht, wobei der Anschluss 93 für ein Patienteninterface nur im ersten Kreislauf K1 angeordnet ist.
- 10 82. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Trennmittel 60 nur im ersten Kreislauf K1 angeordnet ist.
83. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bypass 75 mindestens ein Bypass-Sperrventil 76 umfasst.
- 15 84. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bypass-Sperrventil 76 als Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, die atemgasleitende Verbindung in einer Durchflussrichtung vom inspiratorischen Zweig 1 zum expiratorischen Zweig 2 zumindest zeitweise herzustellen.
85. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bypass-Sperrventil 76 als sperrbares Rückschlagventil ausgebildet und eingerichtet ist, zumindest zeitweise den Bypass 75 in beide Durchflussrichtungen zu sperren.
- 20 86. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bypass-Sperrventil 76 eingerichtet ist, bei Bestromung durch die mindestens eine Stromquelle 103, 104 den Bypass 75 in beide Durchflussrichtungen zu sperren.
87. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Atemgasgemisch 5 ohne Bestromung des Sperrventils 28 und des Bypass-Sperrventils 76 zumindest teilweise in dem zweiten Kreislauf K2 leitbar ist.
- 25 88. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Atemgasgemisch 5 im erstem Kreislauf K1 mit der Hauptströmung S leitbar ist und dass das Atemgasgemisch 5 im zweiten Kreislauf K2 mit einer Bypass-Strömung S1 leitbar ist.
- 30 89. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptströmung S abhängig von den Atemphasen eines zu beatmenden Patienten ist.
90. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bypass-Strömung S1 unabhängig von den Atemphasen eines zu beatmenden Patienten ist.
- 35 91. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Bypass-Strömung S1 des zweiten Kreislaufs K2 durch das PEEP-Ventil 30 geleitet wird.
92. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung 100 in unterschiedlichen Arbeitsmodi M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 betreibbar ist.

93. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die** LU103147  
Vorrichtung 100 in automatischen Arbeitsmodi M2, M4, M6, M7 betreibbar ist, in denen das  
Gebläse 3 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefert.
94. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die**  
5 Vorrichtung 100 in manuellen Arbeitsmodi M1, M3, M5 betreibbar ist, in denen das Reservoir  
12 die Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 liefert.
95. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass das**  
Reservoir 12 als Handbeutel ausgebildet ist.
96. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die**  
10 Vorrichtung 100 in Arbeitsmodi mit Applikation volatiler Anästhetika M1, M2, M5, M6 und/oder  
in Arbeitsmodi ohne Applikation volatiler Anästhetika M3, M4, M5, M6, M7 betreibbar ist, wobei  
das Sicherheitsventil 851 eingerichtet ist, bei Bestromung die Einleitung von volatilen  
Anästhetika VA in das Atemgasgemisch 5 zuzulassen und ohne Bestromung die Einleitung von  
volatilen Anästhetika VA in das Atemgasgemisch 5 zu blockieren.
97. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die**  
15 Vorrichtung 100 in einem Arbeitsmodus betreibbar ist, der ausgewählt ist aus der Gruppe:  
Anästhesiemodus mit volatilen Anästhetika; Anästhesiemodus mit intravenös verabreichten  
Anästhetika (TIVA-Modus); Beatmungsmodus mit Anästhetika; Beatmungsmodus ohne  
Anästhetika, O2-Therapie-Modus, High-Flow O2-Therapie-Modus (HFOT-Modus), CPAP-Modus,  
20 BiLevel-Modus, SIMV-Modus, Notfallmodus.
98. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass der**  
Arbeitsmodus manuell und/oder automatisch von der Steuereinheit 101 einstellbar ist.
99. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die**  
25 Vorrichtung 100 in einem Notfallmodus M5 ohne Stromzufuhr und/oder stromsparend  
betreibbar ist.
100. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass der**  
Notfallmodus M5 automatisch eintritt und/oder manuell einstellbar ist.
101. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass der**  
30 Notfallmodus M5 automatisch eintritt, wenn die Funktionen der Stromquelle 103, 104 und/oder  
die Steuereinrichtung 101 und/oder das Gebläse 3 eingeschränkt sind oder ausfallen.
102. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass das**  
Atemgasgemisch 5 im Notfallmodus M5 zumindest im ersten Kreislauf K1 leitbar ist, wobei das  
Atemgasgemisch 5 über den Ausgang 14-A zumindest teilweise ableitbar ist.
103. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass das**  
35 Atemgasgemisch 5 im Notfallmodus M5 im zweiten Kreislauf K2 leitbar ist.
104. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass die**  
Förderenergie für das Atemgasgemisch 5 im Notfallmodus M5 durch das Reservoir 12  
bereitgestellt wird.

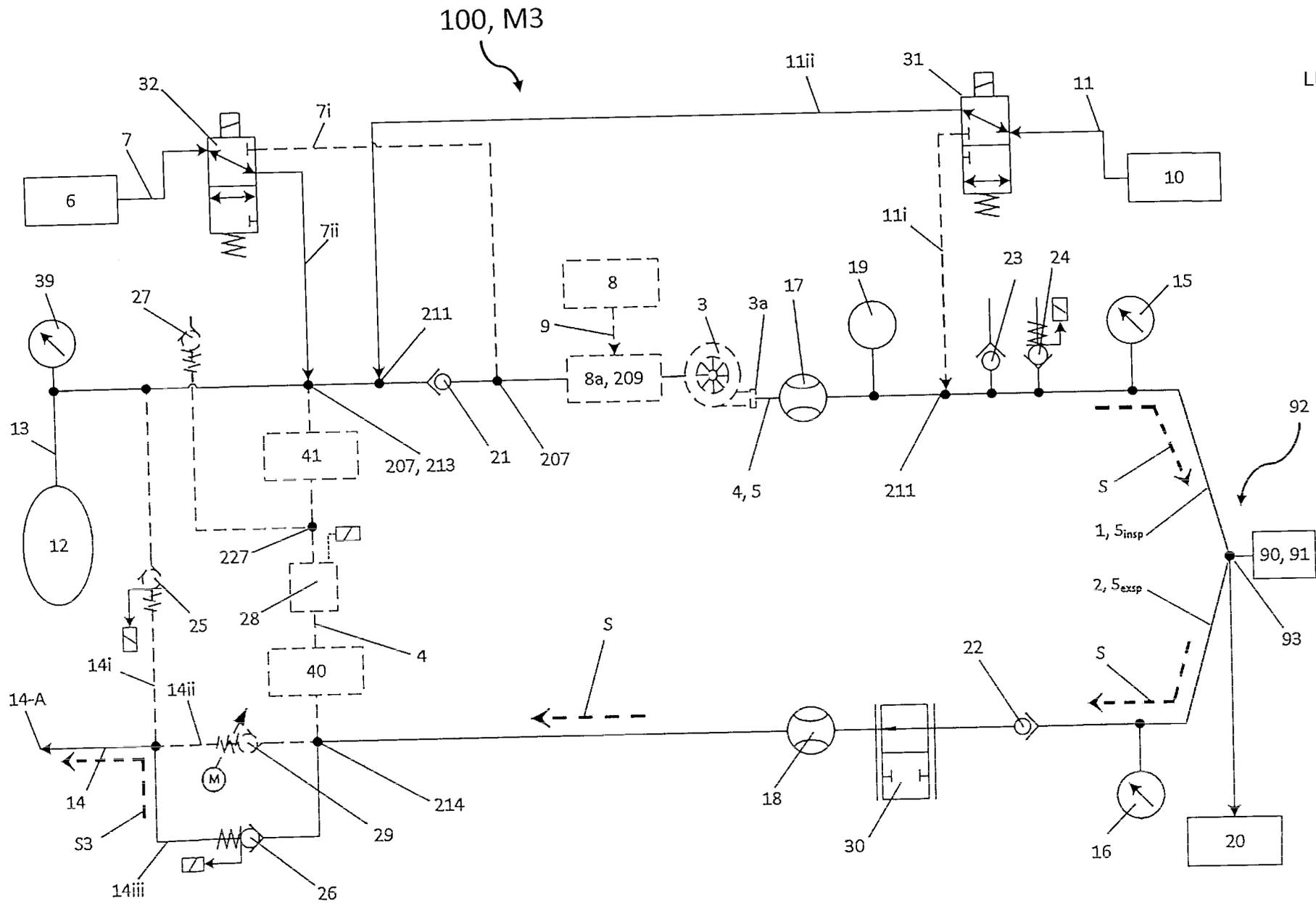
105. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das APL-Ventil 29 im Notfallmodus M5 auf den zuletzt eingestellten inspiratorischen Druck  $P_{insp}$  regelt. LU103147
106. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckregelungsventil 30 im Notfallmodus M5 den Expirationsdruck  $P_{exp}$  passiv regelt.
107. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das chemische Trennmittel 40 und/oder das mechanische Trennmittel 60 ohne Bestromung aktiv ist.
108. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitsventil 851 im Notfallmodus M5 geschlossen ist, wobei das Sicherheitsventil 851 manuell öffnbar ist.
109. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dosierventile 88, 88i, 841 im Notfallmodus M5 nicht bestromt sind, so dass die Dosierung von Frischgas und/oder Sauerstoff O2 und/oder volatilen Anästhetika VA und/oder Sweepgas 64 auf dem zuletzt eingestellten Wert gehalten wird.
110. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil 88i zur Dosierung von Sweepgas 64 im Notfallmodus M5 die Sweepgas-Dosierung auf das 1,2- bis 2-fache des zuletzt eingestellten Minutenvolumens stellt, bevorzugt auf das 1,5-fache.
111. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Atemgasgemisch 5 im Notfallmodus M5 Frischgas und/oder Sauerstoff O2 über die Dosierventile 88 zugeführt werden.
112. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Frischgas und/oder der Sauerstoff O2 in jeweils mindestens einer Druckgasflasche 89 bereitgestellt werden, wobei der Druck der Druckgasflaschen die Förderenergie für das Frischgas und/oder den Sauerstoff O2 liefert.
113. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die volatilen Anästhetika VA in jeweils mindestens einem Tank 900 bereitgestellt werden, wobei in den Tanks 900 ein Druck anliegt.
114. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in den Tanks 800 mindestens 100 kPa beträgt, bevorzugt mindestens 180 kPa.
115. Vorrichtung 100 nach einem der voranstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in den Tanks 800 die Förderenergie für das volatile Anästhetikum VA liefert.
116. Verfahren zur Einleitung von mindestens einem volatilen Anästhetikum VA in ein Atemgasgemisch 5, wobei das Atemgasgemisch 5 in einer Atemgasleitung 4 unter einem ersten Druck P1 stehend geleitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das volatile Anästhetikum VA in einer Anästhetika-Zuleitung 9 unter einem zweiten Druck P2 stehend flüssig zu der Atemgasleitung 4 geleitet wird, wobei der erste Druck P1 kleiner ist als der zweite Druck P2, wobei das volatile Anästhetikum VA mit Eintritt in die Atemgasleitung 4 dem ersten Druck P1 ausgesetzt wird und gasförmig wird.





Figur 1A





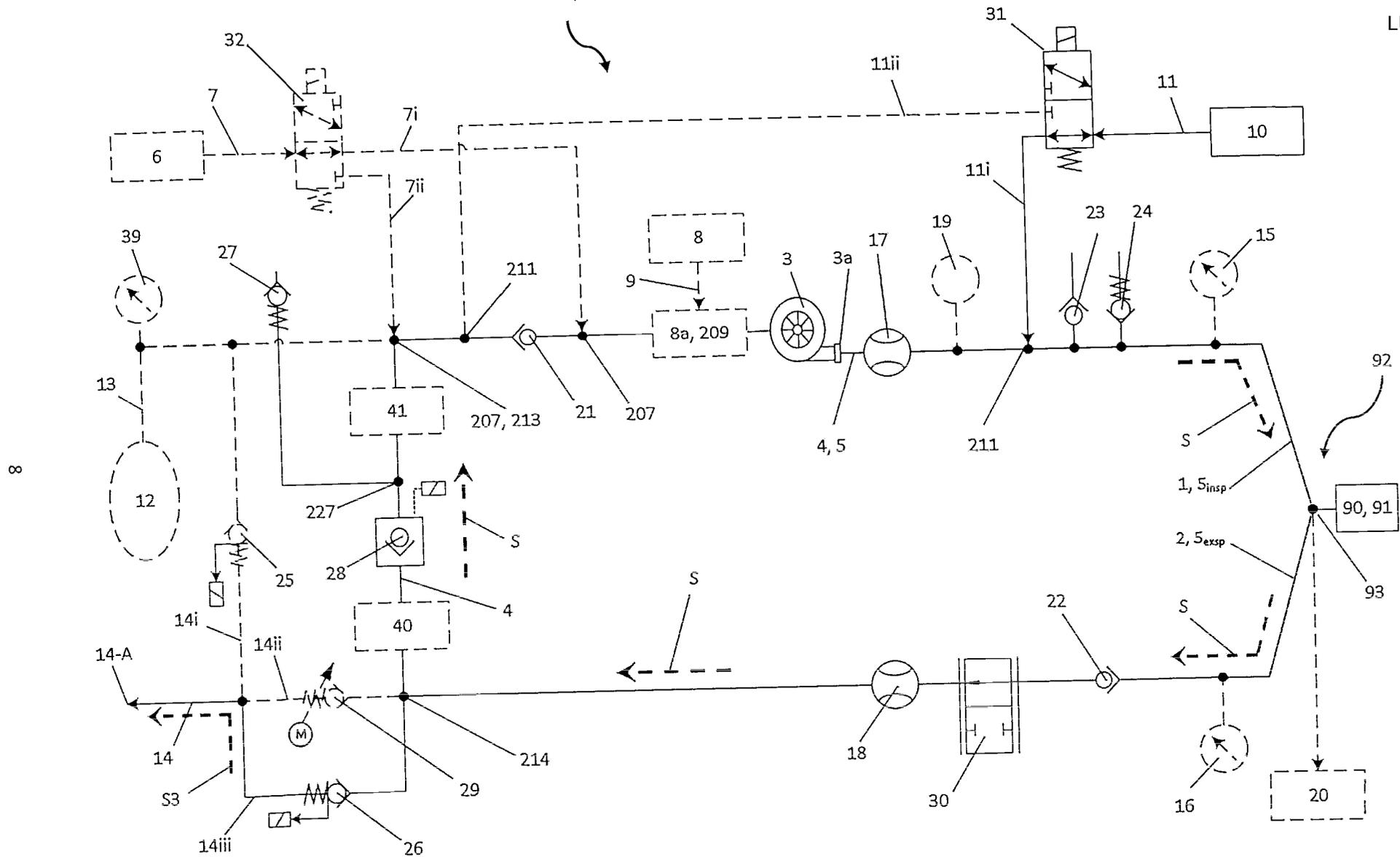
Figur 1C



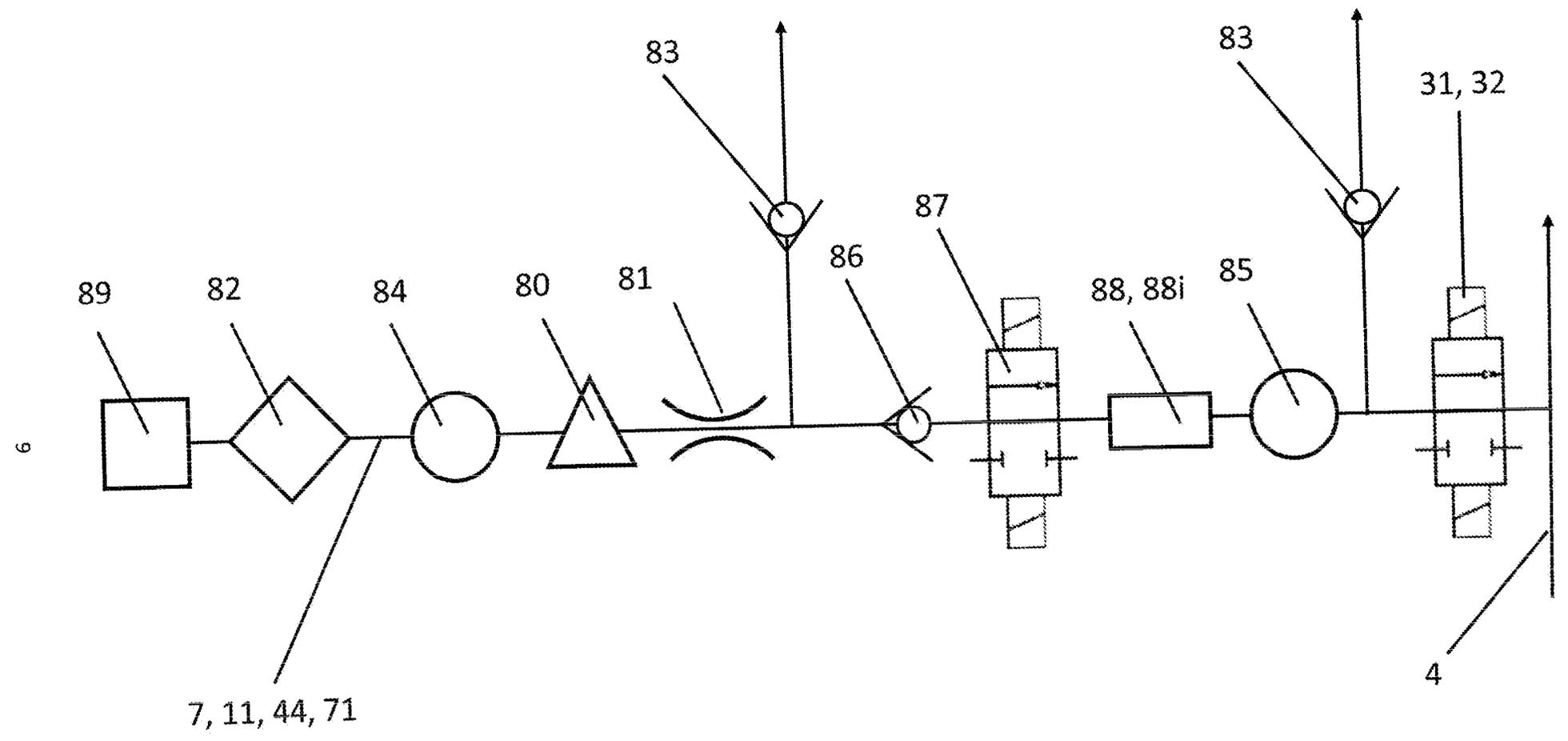




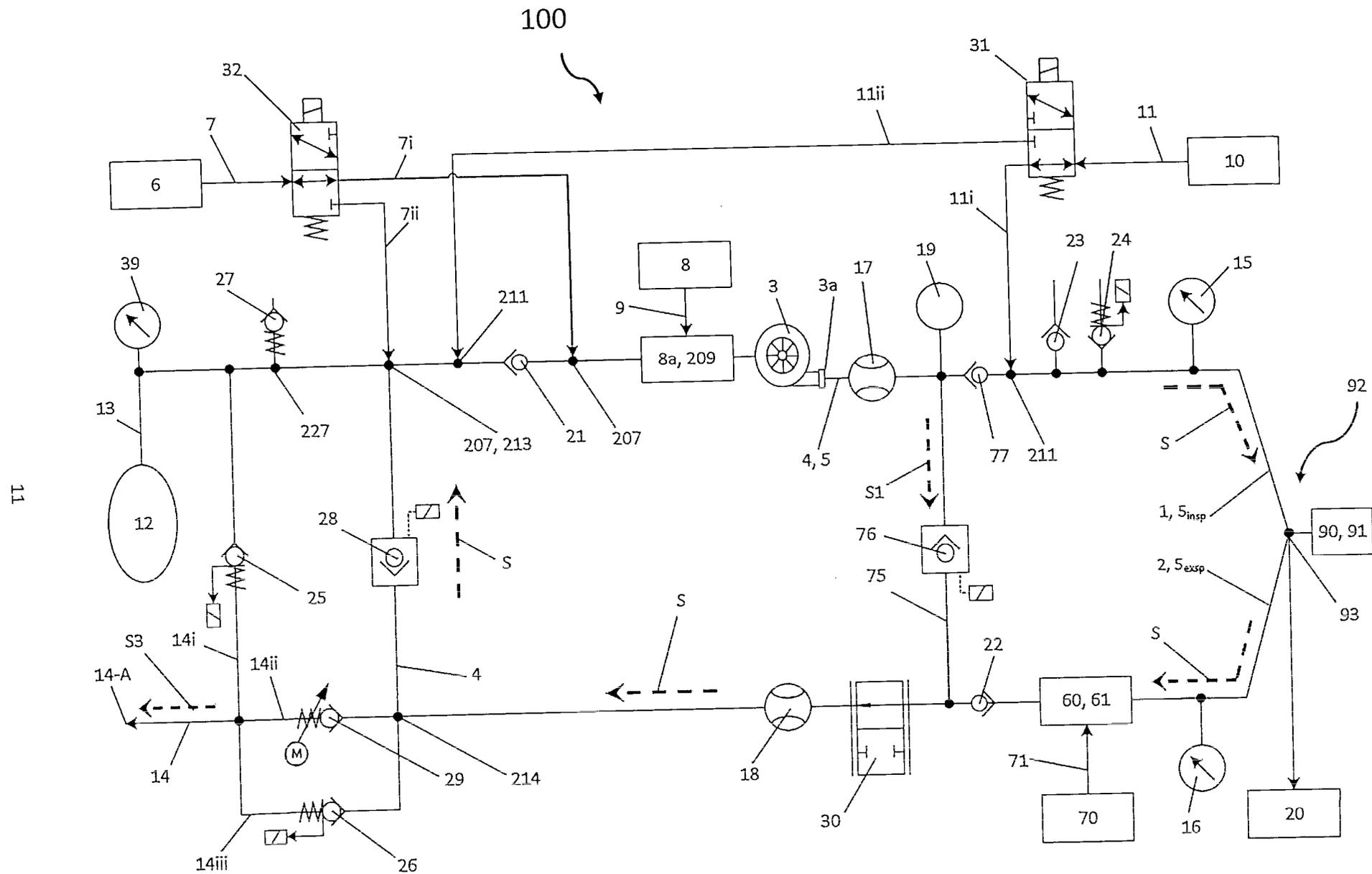
100, M7



Figur 1G

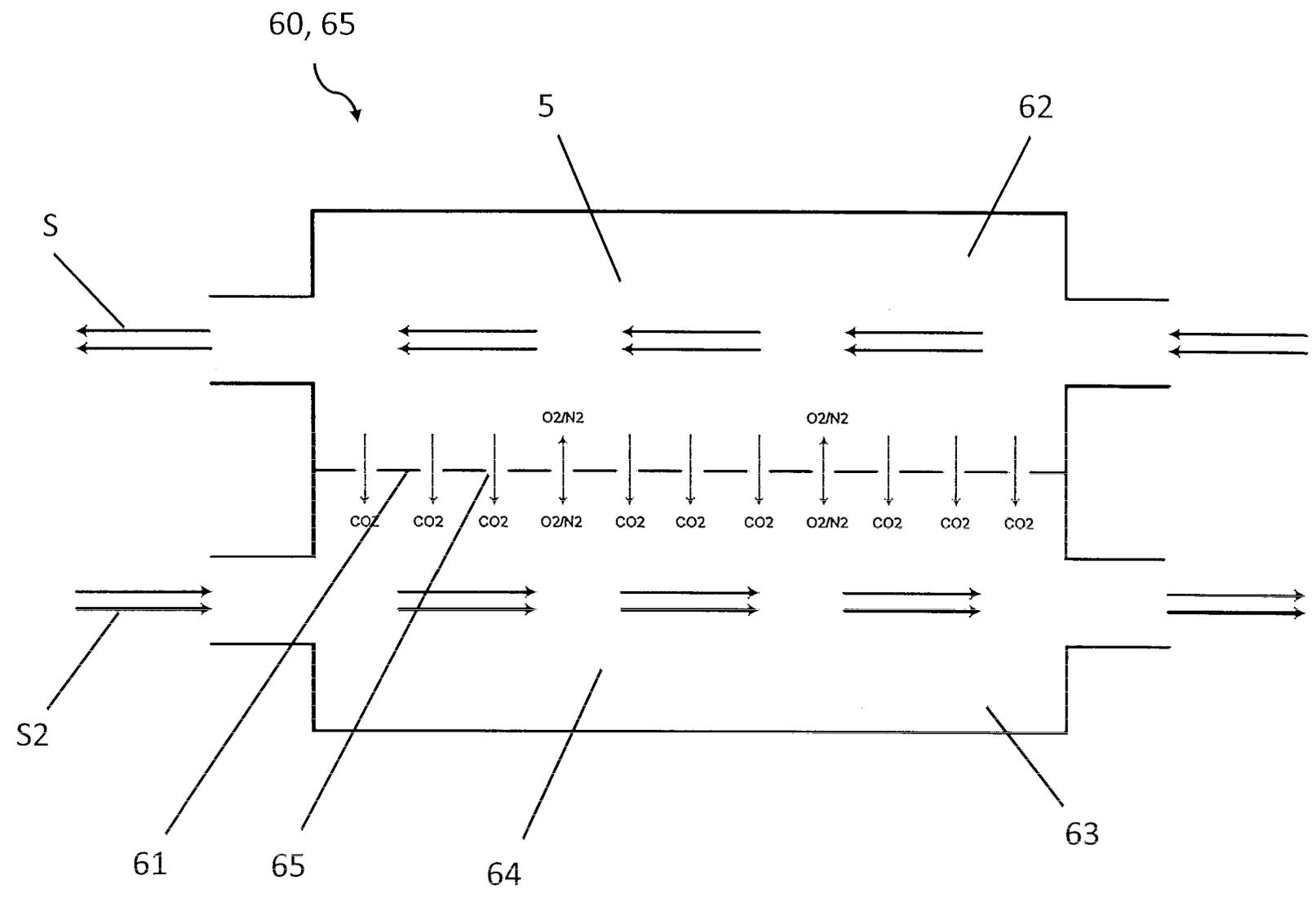


Figur 2



Figur 4

12



Figur 5