



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 26 365 T2** 2007.11.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 522 326 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 26 365.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 028 254.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.04.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **A61M 16/10** (2006.01)
A61M 16/16 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

50349500 21.03.2000 NZ

(73) Patentinhaber:

**Fisher & Paykel Healthcare Ltd., East Tamaki,
Auckland, NZ**

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

**Seakins, Paul John, Pakuranga Auckland, NZ;
Smith, Malcolm David, Royal Oak Auckland, NZ;
Thudor, Mohammad, Parnell Auckland, NZ**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Atmungsunterstützung**

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

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

Beschreibung**BEREICH DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung eines Befeuchtungssystems, insbesondere, aber nicht ausschließlich zum Vorsehen einer Atemhilfe bei Patienten, welche eine mechanische Belüftung oder eine Atemhilfe erhalten.

BESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] Es ist eine Reihe von Verfahren im Bereich der Zufuhr von befeuchteten Gasen bei einem Patienten, welcher eine Atemhilfe benötigt, bekannt. Solche Befeuchter nach dem Stand der Technik umfassen im Allgemeinen eine Quelle für Druckluft (oder andere Gasmischungen), eine Befeuchtungskammer einschließlich einer Wasserquelle und einem Heizmittel zum Verdampfen des Wassers und eine Leitung, um die Befeuchtungsgase zu dem Patienten oder Anwender zu leiten.

[0003] Beispielsweise beschreibt das US-Patent 4,038,980 einen „Blitzverdampfungs“-Befeuchter, bei welchem Wasser auf ein Heizelement mit geringer Thermomasse tropft, um einen respiratorischen Feuchtigkeitsgehalt zu erzeugen. Der Wortlaut sagt, dass „Steuermittel automatisch vorgesehen sein können, um die Wasserzufuhr in Reaktion auf Mittel, welche die relative Feuchtigkeit erfassen, zu regulieren“, jedoch wird eine manuelle Steuerung der Wasserfließgeschwindigkeit vorgezogen. Die Vorrichtung umfasst einen Feuchtigkeitssensor und steuert den Wasserverbrauch anstatt den Umfang des elektrischen Heizens zu steuern.

[0004] Das US-Patent 5,092,326 beschreibt auch die Verwendung eines Feuchtigkeitssensors in einem Befeuchter. Es beschreibt ein Hochfrequenz-Ventilationssystem, welches einen beheizten Befeuchter und einen Feuchtigkeitssensor umfasst, wobei diese mit einem zentralen Mikroprozessor verbunden sind. Es ist eine Vorrichtung zum Befeuchten einer Gas Mischung offenbart, welche zu den Luftwegen geliefert wird, und ein Mikroprozessor steuert die der Gas Mischung zugeführte Feuchtigkeitsmenge. Während ein Feuchtigkeitssensor an den Atemwegen des Patienten offenbart ist, wird die tatsächlich zu verwendende Befeuchtungskonfiguration nicht beschrieben.

[0005] Das US Patent 5,769,071 beschreibt einen Befeuchter mit einem Wärme- und Feuchtigkeitsaustauscher (HME), einer Wasserzufuhr zum HME, einem Heizelement und einem Feuchtigkeitssensor. Der Feuchtigkeitssensor kann die Feuchtigkeit über die Wasserzufuhrmenge oder Temperatur (über das Heizelement) steuern. Auch ist der Feuchtigkeitssensor als am Atemweg des Patienten befindlich beschrieben.

[0006] Das US-Patent 5,988,164 beschreibt ein beheiztes Beatmungsrohrsystem zur Anwendung mit einem Befeuchter. Dieses verwendet einen Sensor für die relative Feuchtigkeit (in der Nähe des Patienten angeordnet) zum Steuern der durch den geheizten Beatmungskreislauf vorgesehenen Heizmenge, so dass das Gas ein konstantes Niveau relativer Feuchtigkeit aufweist. Der beheizte Beatmungskreislauf kann entweder eine elektrische Beheizung oder eine Beheizung über warmes, zirkulierendes Wasser in einem Rohr aufweisen. Auch ist eine Methode zum Steuern des elektrischen Heizdrahts oder des Heizwasserrohrs auf der Grundlage der Ausgabe des Sensors für die relative Feuchtigkeit beschrieben.

[0007] Die zuvor erwähnten US-Patente 4,038,980 und 5,769,071 beschreiben beide Befeuchter, bei welchen die Befeuchtungskammer nahe beim (proximal des) Patienten angeordnet ist. Diese weisen den Nachteil auf, dass Gewicht, Wärme und Komplexität nahe beim Patienten auftreten, was unpraktisch ist und für den Patienten schmerzvoll sein könnte. Von dem genannten Stand der Technik beschreibt nur das US-Patent 5,988,164 speziell eine Befeuchtungskammer, welche vom Patienten entfernt angeordnet ist.

[0008] Eine Befeuchtungsvorrichtung, wie sie in dem Oberbegriff des Anspruchs 1 definiert ist, ist in WO 98/26826 offenbart, wobei die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, Gas für laparoskopische Eingriffe zuzuführen. Die Vorrichtung umfasst ein Gaszufuhrrohr und eine Befeuchtungskammer mit einem gedämpften, gasdurchlässigen Medium und einem elektrischen Heizelement. Das Element kann sich entlang dem Gaszufuhrrohr erstrecken und um das gasdurchlässige Medium in der Kammer gewunden sein.

[0009] Die Systeme nach dem Stand der Technik, welche eine Befeuchtungskammer verwenden, die vom Patienten entfernt angeordnet ist, weisen mehrere Nachteile auf. Man geht normalerweise davon aus, dass Gase, die solche Befeuchter nach dem Stand der Technik verlassen, mit Wasserdampf gesättigt sind (100% relative Feuchtigkeit). Es gibt jedoch keine Garantie dafür, dass die Gase, die solche Befeuchter verlassen, tatsächlich mit Wasserdampf gesättigt sind. Unter bestimmten Umständen (z.B. wenn die einströmende Luft bereits warm ist) können die Gase, welche solche Befeuchter verlassen signifikant weniger als 100% relative Feuchtigkeit aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sie typischerweise gesteuert sind, um eine gewünschte Auslassgastemperatur zu erreichen, welche in solchen Fällen nicht viel höher sein kann als die einströmende Luft.

[0010] Ein weiterer Nachteil der Systeme nach dem Stand der Technik besteht darin, dass es in den (manchmal beheizten) Leitungen, welche den Pati-

enten mit dem Beatmungsunterstützungsgerät verbinden, zu einer Kondensation kommen kann. Dies kann geschehen, wenn das Temperaturprofil entlang solcher Leitungen nicht gleichmäßig ist und manchen Teilen der Leitung erlaubt, kälter zu sein als das Gas an diesen Stellen.

[0011] Ein dritter Nachteil solcher Systeme nach dem Stand der Technik besteht darin, dass Gas, welches den Befeuchter mit 100% relativer Feuchtigkeit verlässt, sofort durch eine Form von Leitungsheizelement erwärmt werden muss, da es sonst Wärme durch die Wände der Leitung verliert, was zu Kondensation führt und damit zu einem Abfallen der in dem Gas enthaltenen Menge an absoluter Feuchtigkeit.

[0012] Ein weiterer, vierter Nachteil der Systeme nach dem Stand der Technik besteht in der Notwendigkeit eines Sensors sehr nah am Patienten, was das Gewicht und den Umfang der Geräte an den Atemwegen des Patienten noch erhöht.

[0013] Ein fünfter Nachteil der Systeme nach dem Stand der Technik besteht darin, dass intermittierende oder variierende Fließgeschwindigkeiten dazu führen, dass die durch den Befeuchter erzeugte absolute Feuchtigkeit ungleichmäßig ist. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die Fließgeschwindigkeit schneller variiert als jede Steuerungsschleife, welche in solchen Befeuchtern betrieben wird. Luft, welche mit hoher Fließgeschwindigkeit durch den Befeuchter gelangt, kann nur kurz erwärmt und befeuchtet worden sein, während Luft, die mit niedriger Fließgeschwindigkeit durch die Kammer gelangt, heißer ist und eine höhere absolute Feuchtigkeit aufweist. Folglich ist es schwierig für eine Leitung in solchen Systemen nach dem Stand der Technik, diese Volumina mit hoher Feuchtigkeit ohne Kondensation und resultierenden Verlust an absoluter Feuchtigkeit zu transportieren.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Befeuchtungssystem vorzusehen, welche zum Ziel hat, die oben genannten Nachteile zu überwinden, oder welche dem Anwender zumindest eine sinnvolle Wahl ermöglicht.

[0015] Entsprechend umfasst die vorliegende Erfindung gemäß einem ersten Merkmal eine Befeuchtungsvorrichtung zum Befeuchten eines Gasstromes, welcher zu einem Patienten oder einer anderen, solche Gase benötigenden Person geführt wird, umfassend:

ein Befeuchungskammermittel mit einem Einlass und einem Auslass, um dem Gasstrom zu ermöglichen, durch das Befeuchungskammermittel zu gelangen, wobei vorliegen:

Kammerheizmittel, welche neben dem Befeuchungskammermittel vorgesehen sind, umfassend ein Nassheizmittel, welches dafür ausgelegt ist, flüssiges Wasser in dem Befeuchungskammermittel zu verdampfen, um Wasserdampf für den Gasstrom vorzusehen, welcher durch das Befeuchungskammermittel gelangt, und umfassend ein Trockenheizmittel, welches dafür ausgelegt ist, den durch das Befeuchungskammermittel gelangenden Gasstrom direkt zu heizen, ein mit dem Auslass des Befeuchungskammermittels verbundenes Gastransportwegemittel zum Leiten des Gasstromes zu dem Patienten oder einer anderen, solche Gase benötigenden Person, ein Steuer/Regel-Mittel, das dazu ausgebildet ist, das Nassheizmittel und das Trockenheizmittel so mit Energie zu versorgen, dass ein gewünschtes Niveau absoluter Feuchtigkeit erreicht wird, und ein Feuchtigkeitserfassungsmittel zum Vorsehen einer Anzeige der absoluten Feuchtigkeit des Gasstromes an wenigstens einem Punkt auf dem Strömungsweg des Gasstromes durch die Vorrichtung.

[0016] Vorzugsweise umfasst das Kammerheizmittel ein Spiralelement aus Metall.

[0017] Vorzugsweise umfasst das Kammerheizmittel ein geheiztes poröses Keramikelement, das dafür ausgelegt ist, in Kontakt mit dem flüssigen Wasser und dem Gasstrom zu stehen.

[0018] Vorzugsweise umfasst das Heizmittel eine geheizte semipermeable Membran, die dafür ausgelegt ist, in Kontakt mit dem flüssigen Wasser und dem Gasstrom zu stehen.

[0019] Vorzugsweise umfasst das Befeuchungskammermittel ferner ein Befeuchtungsumgehungsmittel, um zu ermöglichen, dass ein Teil der fließenden Gase im Wesentlichen ohne Befeuchtung von dem Einlass des Befeuchungskammermittels zu dem Auslass des Befeuchungskammermittels gelangt.

[0020] Vorzugsweise umfasst das Befeuchtungsumgehungsmittel ein Umgehungsleitungsmittel, welches wenigstens einen Teil der Wassermenge durchleitet, um einen Teil des Gasstromes von dem Einlass des Befeuchungskammermittels zu dem Auslass des Befeuchungskammermittels zu leiten, und ein in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehenes Ventilumittel umfasst, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel zu steuern, wobei die Temperatur der durch das Umgehungsleitungsmittel fließenden Gase durch die Temperatur der Wassermenge beeinflusst wird.

[0021] Vorzugsweise umfasst das Befeuchungskammermittel ferner ein Umgehungsleitungsmittel

zum Leiten eines Teils des Gasstromes von dem Einlass des Befeuchtungskammermittels zu dem Auslass des Befeuchtungskammermittels, umfassend ein Umgehungsheizmittel, welches dafür ausgelegt ist, den Teil des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel zu heizen und/oder das Umgehungsleitungsmittel, wobei ein Ventilmittel in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehen ist, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel zu steuern.

[0022] Vorzugsweise ist die durch das Ventilmittel für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehene Begrenzung bei der Anwendung dauerhaft eingestellt.

[0023] Vorzugsweise ist die durch das Ventilmittel für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehene Begrenzung bei der Anwendung manuell einstellbar.

[0024] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner ein Durchflusserfassungsmittel, das eine Anzeige der momentanen Strömungsgeschwindigkeit vorsieht, wobei das Steuermittel dazu konfiguriert ist, die Begrenzung zu steuern, die das Ventilmittel für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel auf der Basis der Anzeige der momentanen Strömungsgeschwindigkeit des Gasstromes durch das Befeuchtungskammermittel vorsieht, damit der aus dem Befeuchtungskammermittel austretende Gasstrom eine im Wesentlichen konstante Feuchtigkeit aufweist.

[0025] Vorzugsweise umfasst das Ventilmittel einen elektromechanischen Aktuator, welcher mit einem Ventilelement verbunden ist, wobei die Energieversorgung des elektromechanischen Aktuators die Position des Ventilelements verändert, wodurch die durch das Ventilmittel für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehene Begrenzung verändert wird.

[0026] Vorzugsweise umfasst das Ventilmittel entweder ein mit einem elastischen Element verbundenes Ventilelement oder ein elastisches Ventilelement, wobei das Ventil in dem Gasstrom an dem Einlass des Befeuchtungskammermittels positioniert ist und wobei die Position des Ventilelements oder des elastischen Ventilelements dadurch den Teil des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel bestimmt.

[0027] Vorzugsweise sieht die Position des Ventilelements oder des elastischen Ventilelements eine Anzeige der Strömungsgeschwindigkeit des Gasstromes an dem Einlass zu dem Befeuchtungskammermittel vor.

[0028] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner Gasheizmittel benachbart zu dem Einlass des Befeuchtungskammermittels zum Heizen des Gasstromes vor dem Befeuchten.

[0029] Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung ferner ein Gasheizmittel nahe dem Auslass des Befeuchtungskammermittels zum Heizen des Gasstromes nach dem Befeuchten.

[0030] Vorzugsweise umfasst das Gastransportwegemittel Isolierungsmittel, die dazu ausgelegt sind, die Menge der durch den Gasstrom in dem Gastransportwegemittel verlorenen Wärmeenergie zu minimieren, wobei das Steuermittel dafür ausgelegt ist, das Kammerheizmittel mit Energie zu versorgen, um die Kondensierung des Dampfes der Gase in dem Gastransportwegemittel zu minimieren, während vorbestimmte Werte absoluter Feuchtigkeit vorgesehen werden.

[0031] Vorzugsweise umfasst eine Befeuchtungsvorrichtung zum Befeuchten eines Gasstromes, welcher zu einem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person geführt wird ein Befeuchtungskammermittel mit einem Einlass und einem Auslass, um dem Gasstrom zu ermöglichen, durch das Befeuchtungskammermittel zu gelangen, Kammerheizmittel, welche neben dem Befeuchtungskammermittel vorgesehen sind, und dafür ausgelegt sind, flüssiges Wasser in dem Befeuchtungskammermittel zu verdampfen, um Wasserdampf für den Gasstrom vorzusehen, welcher durch das Befeuchtungskammermittel gelangt, ein mit dem Auslass des Befeuchtungskammermittels verbundenes Gastransportwegemittel zum Leiten des Gasstromes zu dem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person, wobei eingestellte Leitungsmittel mit dem Gastransportmittel verbunden sind und konfiguriert sind, um das Temperaturprofil des Gasstromes entlang dem Gastransportwegemittel und/oder des Gastransportwegemittels einzustellen, damit es im Wesentlichen einem vorbestimmten Profil entspricht.

[0032] Vorzugsweise umfasst das eingestellte Leitungsmittel wenigstens einen Abschnitt aus Material mit positivem Temperaturkoeffizienten, wobei der lokalisierte elektrische Widerstand jedes Abschnitts in positiver Beziehung zur lokalisierten Temperatur steht.

[0033] Vorzugsweise umfasst das eingestellte Leitungsmittel wenigstens einen Abschnitt aus Material mit positivem Temperaturkoeffizienten, wobei der lokalisierte elektrische Widerstand jedes Abschnitts in negativer Beziehung zur lokalisierten Temperatur steht.

[0034] Vorzugsweise umfasst das eingestellte Lei-

tungsheizmittel wenigstens einen Abschnitt aus Material mit positivem Temperaturkoeffizienten, wobei der lokalisierte elektrische Widerstand jedes Abschnitts in positiver Beziehung zum lokalisierten Temperaturabschnitt steht und wobei wenigstens zwei elektrische Leiter entlang dem Gastransportwegemittel verlaufen, wobei jeder Leiter mit einem separaten Abschnitt jedes Abschnitts elektrisch verbunden ist und jeder Abschnitt mit Ausnahme der Verbindung durch jeden Leiter von allen anderen Abschnitten elektrisch isoliert ist.

[0035] Vorzugsweise umfasst das Gastransportwegemittel ferner ein Einatmungsleitungsmittel in Fluidverbindung mit dem Auslass der Befeuchtungskammer, ein Verbindungsmittel in Fluidverbindung mit dem Einatmungsleitungsmittel, ein Schlaucherweiterungsmittel in Fluidverbindung mit dem Verbindungsmittel und ein Patientenschnittstellenmittel in Fluidverbindung mit dem Schlaucherweiterungsmittel, dafür angepasst, dem Patienten den Gasstrom zuzuführen.

[0036] Vorzugsweise umfasst das Schlaucherweiterungsmittel ein Schlaucherweiterungsheizmittel, umfassend wenigstens einen Abschnitt aus Material mit positivem Temperaturkoeffizienten, wobei der lokalisierte elektrische Widerstand des Materials in positiver Beziehung zu der lokalisierten Temperatur steht.

[0037] Vorzugsweise umfasst das Patientenschnittstellenmittel Patientenschnittstellenheizmittel, umfassend wenigstens einen Abschnitt aus Material mit positivem Temperaturkoeffizienten, wobei der lokalisierte elektrische Widerstand jedes Abschnitts des Materials in positiver Beziehung zu der lokalisierten Temperatur steht.

[0038] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner ein Feuchtigkeitserfassungsmittel zum Vorsehen einer Anzeige der absoluten Feuchtigkeit des Gasflusses an dem Auslass des Feuchtigkeitsskammermittels.

[0039] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner ein Temperaturerfassungsmittel zum Vorsehen einer Anzeige der Temperatur des Gasflusses an dem Auslass des Feuchtigkeitsskammermittels.

[0040] Vorzugsweise umfasst das Gastransportwegemittel eine doppelwandige Einatmungsleitung und das eingestellte Leitungsmittel umfasst das Vorsehen von warmer Flüssigkeit, die zwischen der Innenwand und der Außenwand der doppelwandigen Einatmungsleitung zirkuliert.

[0041] Vorzugsweise bezieht sich das vorbestimmte Profil auf eine im Wesentlichen konstante Temperatur entlang der Länge des Gastransportwegemittels.

[0042] Vorzugsweise umfasst eine Befeuchtungsvorrichtung zum Befeuchten eines Gasstromes, welcher zu einem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person geführt wird:

ein Befeuchtungskammermittel mit einem Einlass und einem Auslass, um dem Gasstrom zu ermöglichen, durch das Befeuchtungskammermittel zu gelangen, Kammerheizmittel, welche neben dem Befeuchtungskammermittel vorgesehen sind, und dafür ausgelegt sind, flüssiges Wasser in dem Befeuchtungskammermittel zu verdampfen, um Wasserdampf für den Gasstrom vorzusehen, welcher durch das Befeuchtungskammermittel gelangt, wobei ein Kammerübergangsmittel vorliegt, umfassend bei der Anwendung Anbringungsmittel, wenigstens ein Erfassungsmittel in der Nähe des Auslasses des Befeuchtungskammermittels, wobei das Kammerverteilermittel konfiguriert ist, um zu verbinden:

den Einlass des Befeuchtungskammermittels mit einem Zufuhrleitungsmittel, wobei das Zufuhrleitungsmittel bei der Verwendung in Fluidverbindung mit einem Gaszufuhrmittel zum Zuführen des Gasstroms mit gewünschtem Druck steht, und/oder

den Auslass des Befeuchtungskammermittels mit einem Gastransportwegemittel zum Zuführen des Gasstroms zu einem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person.

[0043] Vorzugsweise umfasst das Kammerverteilermittel ferner ein Kammerverteilerheizmittel, das dafür ausgelegt ist, den Gasstrom durch Kammerverteilermittel und/oder das Kammerverteilermittel zu heizen.

[0044] Vorzugsweise ist das Kammerverteilermittel an dem Befeuchtungskammermittel anfügbar und entfernbar.

[0045] Vorzugsweise umfasst eine Vorrichtung zur Verwendung in der therapeutischen Zufuhr befeuchteter Gase:

ein Gehäuse,
einen Druckgasauslass in dem Gehäuse, welcher dafür ausgelegt ist, eine Fluidverbindung mit einem Einlass eines Befeuchters herzustellen, um einen Gasstrom zu einem Befeuchter herzustellen,
eine Rückführung für befeuchtete Gase in dem Gehäuse, welche dafür ausgelegt ist,
eine Fluidverbindung mit einem Auslass eines Befeuchters herzustellen, um befeuchtete Gase von dem Befeuchter zu erhalten,
einen Patientenauslass in dem Gehäuse, in Fluidverbindung mit der Rückführung für befeuchtete Gase, um befeuchtete Gase von der Rückführung für befeuchtete Gase zu erhalten und um befeuchtete Gase zu dem Patientenauslass zu führen, wobei der Patientenauslass in Fluidverbindung zu einer Atemleitung für die Zufuhr von befeuchteten Gasen zu einem Patienten steht oder dafür ausgelegt ist, eine Fluidverbindung herzustellen.

[0046] Vorzugsweise umfasst eine Vorrichtung zur Verwendung in der therapeutischen Zufuhr befeuchteter Gase:

ein Gehäuse,
einen Gasleitungseinlass in dem Gehäuse, um unter Druck stehendes Gas von einer Druckgasquelle zu erhalten, wobei der Gasleitungseinlass dafür ausgelegt ist, eine Fluidverbindung zu einer Atemleitung herzustellen,
einen Gasauslass in dem Gehäuse in Fluidverbindung zu dem Gasleitungseinlass, dafür ausgelegt, eine Fluidverbindung zu einem Einlass einer Befeuchtungskammer herzustellen, um einen Gasstrom in eine Befeuchtungskammer vorzusehen, eine Rückführung für befeuchtete Gase in dem Gehäuse, welche dafür ausgelegt ist, eine Fluidverbindung mit einem Auslass einer Befeuchtungskammer herzustellen, um befeuchtete Gase von der Befeuchtungskammer zu erhalten,
einen Gasleitungsauslass in dem Gehäuse, in Fluidverbindung mit der Rückführung für befeuchtete Gase, dafür ausgelegt, eine Fluidverbindung mit einer Atemleitung zur Zufuhr von befeuchteten Gasen zu einem Patienten herzustellen oder in Fluidverbindung dazu stehend,
ein Kammerheizmittel in dem Gehäuse zum Verdampfen von flüssigem Wasser in der Befeuchtungskammer, um dem durch die Befeuchtungskammer gelangenden Gasstrom Wasserdampf zuzuführen, wobei die Befeuchtungskammer eine Basis aufweist, wobei die Kammer bezüglich des Gehäuses mittels einer einzigen Bewegung entfernbar oder zu befestigen ist, wodurch die Basis der Befeuchtungskammer in die Nähe von und in Berührung mit dem Kammerheizmittel gedrängt wird, und
Herstellen einer ersten Fluidverbindung zwischen dem Gasauslass und dem Befeuchtungskammereinlass, und
Herstellen einer zweiten Fluidverbindung zwischen der Rückführung für befeuchtete Gase und dem Befeuchtungskammerauslass, wobei die erste und die zweite Fluidverbindung in Richtung der einzigen Bewegung erfolgen.

[0047] Vorzugsweise umfassen der Gasauslass und der Einlass einer Befeuchtungskammer dazwischen erste komplementäre männliche und weibliche Konnektoren, mit einer bevorzugten Einführrichtung zum Herstellen einer Fluidverbindung durch Eingreifen der männlichen und weiblichen Konnektoren, wobei die Rückführung für befeuchtete Gase und der Auslass des Befeuchters dazwischen zweite komplementäre männliche und weibliche Konnektoren umfasst, mit einer bevorzugten Einführrichtung zum Herstellen einer Fluidverbindung durch Eingreifen männlicher und weiblicher Konnektoren, wobei die bevorzugte Einführrichtung der ersten Konnektoren dieselbe ist wie die bevorzugte Einführrichtung der zweiten Konnektoren und dieselbe ist wie wenigstens die Richtung eines abschließenden Teils der einzigen

Bewegung.

[0048] Vorzugsweise sind der Einlass einer Befeuchtungskammer und der Auslass einer Befeuchtungskammer jeweils eine weibliche Öffnung, und der Gasauslass und die Rückführung der befeuchteten Gase sind jeweils ein elastischer, röhrenförmiger Vorsprung, welcher in die entsprechenden weiblichen Öffnungen in der Befeuchtungskammer passt.

[0049] Vorzugsweise haben die elastischen, röhrenförmigen Vorsprünge des Gasauslasses und die Rückführung für befeuchtete Gase parallele Verlängerungsachsen, wobei das Kammerheizmittel eine im Wesentlichen planare Heizplatte umfasst und wobei die Verlängerungsachsen der Rohre im Wesentlichen parallel zu der Ebene der Heizplatte sind.

[0050] Vorzugsweise umfasst der Gasleitungsauslass einen Konnektor zum Aufnehmen eines Atemschlauchs und wenigstens einen zusätzlichen elektrischen Verbindungsstecker oder eine Dose oder einen pneumatischen Verbindungsstecker oder eine Öffnung für eine gleichzeitige Verbindung beim Verbinden eines Atemkreislaufs mit komplementären elektrischen oder pneumatischen Konnektoren.

[0051] Fachleute, welche die Erfindung betrifft, werden sich ohne weiteres zahlreiche Veränderungen in der Konstruktion und weit voneinander abweichende Ausführungsformen und Anwendungen der Erfindung vorstellen können, ohne dass vom Rahmen der Erfindung, wie sie in den beiliegenden Ansprüchen definiert ist, abgewichen wird. Die Offenbarungen und Beschreibungen hierin sind ausschließlich erläuternd und in keiner Weise einschränkend gedacht.

[0052] Die Erfindung besteht in dem Vorangehenden und betrifft auch Konstruktionen, für die nachfolgend Beispiele gegeben werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0053] Eine bevorzugte Form der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezug zu den beiliegenden Zeichnungen beschrieben, für die gilt:

[0054] [Fig. 1](#) zeigt ein Beispiel eines Befeuchtungssystems, welches drei Teile umfasst,

[0055] [Fig. 2](#) zeigt eine Kammer, welche ein Metallelement integriert,

[0056] [Fig. 3](#) zeigt eine Kammer unter Verwendung eines porösen Materials zum Vorsehen einer Heiz- und einer Befeuchtungsfunktion,

[0057] [Fig. 4](#) zeigt eine Kammer unter Verwendung einer halbdurchlässigen Membran,

[0058] [Fig. 5](#) zeigt eine Kammer mit einem variablen Ventil, um den überführten Gasanteil anzupassen,

[0059] [Fig. 6](#) zeigt eine Kammer mit einem einstellbaren Ventil 30, bei welchem ein Teil des Gases befeuchtet wird, während der andere beheizt ist,

[0060] [Fig. 7](#) zeigt eine Kammer, bei welcher die Trockengaseingangskammer vorgeheizt ist,

[0061] [Fig. 8](#) zeigt eine Kammer, bei welcher die Trockengaseingangskammer nach dem Verlassen der Kammer geheizt ist,

[0062] [Fig. 9](#) zeigt eine Kammer kombiniert mit einem unbeheizten, gut isolierten Zuführrohr,

[0063] [Fig. 10](#) zeigt die Konstruktion eines Rohrs, welches flexible PTC-Elemente in einer parallelen Drahtkonfiguration umfasst,

[0064] [Fig. 11](#) zeigt eine Befeuchtungskonfiguration unter Verwendung des Rohrs in [Fig. 10](#), und

[0065] [Fig. 12](#) zeigt eine Kammeranordnung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0066] [Fig. 1](#) zeigt ein typisches Atembefeuchtungssystem, welches drei Teile umfasst:

- 1) eine in Abstand zu dem Patienten angeordnete Befeuchtungskammer, welche durch sie hindurch fließende Gase heizt und im Wesentlichen sättigt;
- 2) ein Zuführsystem, bestehend aus einem flexiblen Rohr, welches befeuchtete Gase von der Befeuchtungskammer 1 zu dem Gasauslass 5 trägt; und
- 3) eine Heizelementbasis, welche die Befeuchtungskammer 1 heizt und Mess- und Steuerfunktionen vorsieht.

[0067] Das zu befeuchtende Gas fließt in die Kammer 1 von der Öffnung 4 und verlässt das Zuführsystem 2 an der Gasausgangsöffnung 5. Gas von der Ausgangsöffnung 5 fließt zu einem Patienten über eine Gesichtsmaske oder Ähnliches (nicht gezeigt). Das System wird unter Verwendung von an den Positionen 7 und 8 angeordneten Sensoren – typischerweise Temperaturfühler – gesteuert. Trockene Gase am Gaseinlass 4 werden erwärmt und befeuchtet, indem sie über die Fläche heißen Wassers 6 in der Kammer 1 gelangen, so dass sie im Wesentlichen mit Wasserdampf gesättigt sind, wenn sie die Kammer 1 an der Ausgangsöffnung 10 verlassen. Heißes Wasser 6 wird von der Heizplatte 9 erhitzt, und der Umfang des Erhitzens wird derart gesteuert, dass das Gas an der Ausgangsöffnung 10 eine vorbestimmte Temperatur erreicht. Diese Temperatur wird von dem

Sensor 7 gemessen. Daher bewirkt die Befeuchtungskammer 1, dass die medizinischen Gase erwärmt und befeuchtet werden, so dass sie an der Ausgabe der Kammer 1 im Wesentlichen gesättigt sind und eine vorbestimmte Temperatur aufweisen.

[0068] Das Gaszufuhrsystem 2 (auch als ein Zuführrohr oder Beatmungskreislauf bekannt) umfasst einen Schlauch 11 mit einem Heizelement 12, welches aus einem beheizten Widerstandsdraht bestehen kann. Das Gas aus der Befeuchtungskammer 1 gelangt durch das Rohr 11 und wird von dem Heizelement 12 erwärmt, um Wärmeverluste durch die Wände des Rohrs 11 auszugleichen. Die durch das Heizelement 12 angewandte Wärmemenge wird reguliert, so dass das Gas an dem Gasauslass 5 eine vorbestimmte Temperatur erreicht, wie durch den Sensor 8 gemessen wird. Die Kontrolltemperatur am Sensor 8 ist in der Regel höher als die Kontrolltemperatur am Sensor 7, so dass das Gas entlang dem Rohr 11 geheizt wird, um sicher zu stellen, dass es im Rohr zu keiner Kondensation kommt.

[0069] Das beschriebene System umfasst Gas, welches durch den Gaseinlass 4 aus einer Gasquelle mit kontinuierlicher Zufuhr (nicht gezeigt) einströmt und das System durch den Gasauslass 5 verlässt. Das System ist jedoch ebenfalls anwendbar, wenn die Gasquelle ein Ventilator ist, welcher intermittierende Fließmuster erzeugt, um einem Patienten Atemzüge zu ermöglichen. In diesem Fall ist die Gasauslassöffnung 5 direkt mit der Gaseinlassöffnung 16 verbunden. Der Patient ist mit der Öffnung 17 über ein Endotrachealrohr oder Ähnliches (nicht gezeigt) verbunden. Während der Einatmung des Patienten gelangen trockene Gase von dem Ventilator durch die Einlassöffnung 4 in das System, fließen durch die Kammer 1, das Zuführsystem 2, durch das Y-Stück 13 und gelangen durch die Öffnung 17 zum Patienten. Während der Ausatmung des Patienten gelangen die Gase zurück durch die Öffnung 17, durch das Y-Stück 13 und das Rohr 14 und verlassen das System durch die Gasauslassöffnung 18. Das Rohr 14 kann durch das Heizelement 15 ebenfalls geheizt werden, um eine Kondensation zu verhindern.

Absolute Feuchtigkeitserfassung

[0070] Befeuchter, welche Feuchtigkeitssensoren zur Anzeige oder Steuerung umfassen, sind nach dem Stand der Technik beschrieben; jedoch verwenden alle Vorrichtungen Feuchtigkeitssensoren, welche an den Atemwegen des Patienten positioniert sind. Die vorliegende Arbeit beschreibt neuartige Befeuchtungsvorrichtungskonfigurationen mit einer Feuchtigkeit-erzeugenden Kammer, welche vom Patienten entfernt positioniert ist, mit einem beheizten Beatmungskreislauf zum Übermitteln von Feuchtigkeit an den Patienten und mit Feuchtigkeitssensoren zum Steuern des Niveaus der absoluten oder relati-

ven Feuchtigkeit, die dem Patienten zugeführt wird. Diese Feuchtigkeitssensoren sind folgendermaßen anzuordnen:

- 1) nur am Kammerauslass
- 2) sowohl am Kammerauslass als auch in der Nähe des Patienten, oder
- 3) nur in der Nähe des Patienten.

[0071] Ein Merkmal der besteht darin, einen Feuchtigkeitssensor als Sensor 7 zu verwenden. Der Zweck des Feuchtigkeitssensors 7 besteht darin, die absolute Feuchtigkeitsmenge zu bestimmen, welche durch die Kammer 1 erzeugt wird. Entsprechend wäre ein Sensor für die absolute Feuchtigkeit als Verwendung für Sensor 7 ideal, wobei die Verwendung eines Sensors für die relative Feuchtigkeit mit zugeordnetem Temperatursensor ebenfalls verwendet werden könnte. Dieses System hat den Vorteil, dass es ein kontrolliertes Niveau absoluter Feuchtigkeit an dem Kammerauslass 10 erzeugt; dieses Niveau absoluter Feuchtigkeit erreicht den Patienten jedoch unter Umständen nicht, falls es im Rohr 11 zu einer Kondensation kommen darf.

[0072] Ein alternatives System, mit welchem man bei diesem Nachteil Abhilfe schaffen könnte, umfasst die Verwendung eines zweiten Sensors für die absolute Feuchtigkeit anstelle des Temperatursensors an Punkt 8. Die Differenz der absoluten Feuchtigkeit zwischen den Sensoren 7 und 8 ermöglicht der Befeuchtungsvorrichtung zu bestimmen, ob es zwischen diesen beiden Punkten zu einer Kondensation kommt. Ist an beiden Sensoren für die absolute Feuchtigkeit 7 und 8 derselbe Wert für die absolute Feuchtigkeit abzulesen, dann erfolgt keine Kondensation in dem Rohr. Ist die absolute Feuchtigkeit am Sensor 7 größer als am Sensor 8, dann zeigt die Differenz die auftretende Kondensationsrate.

[0073] Eine Steuerungsstrategie bestünde darin, die dem Heizelement 12 zugeführte Heizmenge zu steuern, so dass die Differenz der absoluten Feuchtigkeit auf Null reduziert wird. Das Rohr kann jedoch weiterhin mobiles Kondensat enthalten, da die Feuchtigkeitsdifferenz nur etwas über die Kondensationsrate aussagt und nicht über die absolute Kondensatmenge im Rohr. Eine weitere Steuerstrategie besteht darin, dieses Kondensat zu entfernen und so durch Beheizen des Heizelements 12 ein trockenes Rohr zu erzeugen, so dass die Rate der gemessenen Kondensation negativ ist (d.h. die Kondensation wird im Rohr 11 verdampft) bis die gemessene Kondensationsrate Null erreicht, was anzeigt, dass das gesamte Kondensat entfernt wurde. Die Heizmenge kann dann verringert werden bis die Sensoren zeigen, dass die Kondensation gerade beginnt; dann kann die Beheizung geringfügig auf das optimale Niveau gesteigert werden. Das Austrocknen des Rohrs kann ein kontinuierlicher Prozess sein oder kann in gleichmäßigen Zeitabständen erfolgen.

[0074] Eine weitere Variante des in [Fig. 1](#) gezeigten Systems wäre die Verwendung eines Temperatursensors für Sensor 7 und eines Sensors für die absolute Feuchtigkeit an Punkt 8. Dieses System ist einfacher als das Vorhandensein absoluter Feuchtigkeit an beiden Punkten 7 und 8. Beim Betrieb würde der Regler die Heizmenge am Heizelement 12 und der Heizplatte 9 regeln müssen, so dass das korrekte Niveau der absoluten Feuchtigkeit ohne Kondensat im Zuführrohr 12 erreicht würde. In der Praxis wären zwei separate Steueralgorithmen erforderlich; einer um den Heizumfang im Rohr 11 zu steuern, so dass keine Kondensation auftritt, und ein weiterer zum Steuern der Heizplatte 9, so dass das gewünschte Niveau der absoluten Feuchtigkeit in Kammer 1 erzeugt würde. Die zwei Algorithmen könnten gleichzeitig arbeiten, da die Heizplatte 9 langsamer reagiert als das Heizelement 12, so dass rasche Veränderungen in der absoluten Feuchtigkeit die Aktion des Heizelements 12 anzeigen würden. Der Sensor 7 stellt einen Steuerpunkt für die Heizplatte 9 dar, ist jedoch unter Umständen nicht erforderlich.

Kammern mit geringer relativer Feuchtigkeit

[0075] Alle bislang beschriebenen Systeme haben eine Kammer 1 verwendet, welche versucht, das den Gasauslass 10 verlassende Gas auf ein hohes Niveau relativer Feuchtigkeit zu befeuchten. Während dieser Zustand für den korrekten Betrieb der gerade beschriebenen neuen Befeuchtungskonfigurationen nicht wesentlich ist, da sie eine Feuchtigkeitssteuerung verwenden, war sie für Befeuchter nach dem Stand der Technik wesentlich, bei welchen die Steuerung ausschließlich auf der Basis der Temperatur erfolgte. Die Verwendung einer Kammer, welche Gase zu der korrekten absoluten Feuchtigkeit, jedoch bei einer geringen relativen Feuchtigkeit (d.h. die Temperatur des Gases ist höher als der Taupunkt des Gases, das Gas ist daher nicht gesättigt) erwärmt, bringt einige Vorteile.

[0076] Der erste Vorteil besteht darin, dass es einfacher ist ein beheiztes Zuführsystem zum Transportieren eines solchen Gases ohne Kondensation zu entwickeln, da das Gas nicht unmittelbar nachdem es in das Zuführrohr gelangt erwärmt werden muss, um eine Kondensation zu verhindern. Zweitens bedeutet die Verwendung von Gasen mit niedriger relativer Feuchtigkeit beim Verlassen der Kammer, dass das Heizelement 12 mit weniger Energie versorgt werden kann als es andernfalls der Fall wäre, da das Gas bereits einen höheren Energiegehalt aufweist und einen größeren Energieverlust tolerieren kann bevor das Gas im Rohr 12 kondensiert. Es kann auch möglich sein, einen ungeheizten, gut isolierten Beatmungskreislauf anstatt eines beheizten Beatmungskreislaufs zu verwenden, wenn die Kammer Gas mit ausreichender Energie versieht. Es wird darauf hingewiesen, dass Kammern mit niedriger relativer Feuch-

tigkeit nur verwendet werden können, wenn das Beheizen der Kammer unter Verwendung eines Sensors für die absolute Feuchtigkeit anstatt eines Temperatursensors gesteuert wird, da andernfalls die Ausgabe absoluter Feuchtigkeit zu gering wäre.

[0077] Zu diesem Zweck sind in den [Fig. 2–Fig. 8](#) einige Befeuchtungskammerkonfigurationen gezeigt, welche eine hohe Temperatur und eine geringe Gasausgabe mit niedriger relativer Feuchtigkeit vorsehen. [Fig. 2](#) zeigt eine Kammer, welche ein Metallelement **20** (z.B. eine Spiralrollenform) umfasst, jedoch ohne befestigte Papierrolle. Dies sorgt für eine trockene Erwärmung (über das Metallelement) und eine beheizte Befeuchtung durch das erwärmte Wasser **21**. Bei dieser Konfiguration sieht die Kammer **19** Gas vor, welches nicht gesättigt ist, da ein Teil der vorgesehenen Erwärmung des Gases eine trockene Erwärmung über die Metallrolle ist. Die durch die Kammer erzeugte relative Feuchtigkeit wird durch die Flussbahn des Gases, die Rollenform, die Maße und den Wasserstand beeinflusst und ist so bei der Anwendung nicht einfach regelbar. Jedoch weist die Kammer **19** für die Kondensatverringerung durch eine niedrige relative Feuchtigkeit und eine gesteuerte absolute Feuchtigkeit ausgabe Vorteile auf.

[0078] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) sind alternative Befeuchtungskammern, welche eine geringe relative Feuchtigkeit und Gase mit hoher Temperatur an ihrer Ausgabe vorsehen. [Fig. 3](#) zeigt eine Kammer unter Verwendung eines porösen Materials **22** (wie beispielsweise eine poröse Keramik), welche Wasser **23** enthält, um eine Heiz- und Befeuchtungsfunktion vorzusehen, während [Fig. 4](#) eine Kammer unter Verwendung einer semipermeablen Membran **24** vorsieht, um eine Sperre für das Wasser **25** in der Kammer vorzusehen. In beiden Fällen sehen diese Kammern eine trockene Erwärmung über das poröse oder semipermeable Material, sowie eine beheizte Befeuchtung durch das Wasser vor. In beiden Fällen ist das Verhältnis zwischen Beheizen und Befeuchten fest und kann außer durch Begrenzung der Wasserzufuhr nicht einfach geregelt werden.

[0079] Die [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) zeigen Kammern, welche Gase mit unterschiedlichem relativem Feuchtigkeits- und Temperaturniveau zuführen können. In [Fig. 5](#) ermöglicht ein regelbares Ventil **26** den Anteil des Gases, welcher durch das trockene Umgehungsrohr **27** gelangt, an denjenigen anzupassen, welcher über die Wasserfläche **28** fließt. Das Umgehungsrohr verläuft unter dem Wasser, um das Gas zu erwärmen. Die zwei Gasströme vermischen sich an der Ausgabe **29**. Dies ist ein Beispiel für ein „paralleles“ System, bei welchem sich das Gas aufteilt und zwei unterschiedliche Wege nimmt, um Erwärmung und Befeuchtung vorzusehen. In [Fig. 6](#) wird das Gas unter Verwendung eines Einstellventils **30** erneut in zwei Gasbahnen aufgeteilt. Ein Teil des Gases wird

befeuchtet, indem er über das Wasser **31** in der Kammer **32** gelangt, während der andere Teil durch das Heizelement **58**, welches das Rohr **33** umgibt, erwärmt wird. Die Gasbahnen treffen sich an der Verbindungsstelle **34**.

[0080] Der Winkel der regelbaren Ventile **26** und **30** in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) kann dauerhaft festgelegt, manuell einstellbar oder automatisch einstellbar sein. Ein Vorteil eines automatisch einstellbaren Ventils besteht darin, dass bei der Verwendung mit intermittierenden Fließgeschwindigkeiten, beispielsweise bei Verwendung mit einem Ventilator, ein konstantes Feuchtigkeitsniveau aus der Kammer vorgesehen ist. Diese Fließmuster können ein Problem sein, da Teile des Beatmungszyklus weniger Feuchtigkeit aufweisen als andere Teile, da die Kammer bei höheren Fließgeschwindigkeiten weniger Feuchtigkeit vorsieht. Eine Möglichkeit dieses Problem zu überwinden besteht darin, die momentane Fließgeschwindigkeit unter Verwendung eines schnell reagierenden Durchflusssensors zu messen und dann rasch den Winkel des einstellbaren Ventils anzupassen. Eine praktischere Methode zum Erreichen dieses Effekts würde darin bestehen, die Ventile **26** und **30** unter Verwendung der Federn **70** und **71** mit einer Federlast zu versehen. Dies würde bedeuten, dass geringe Fließgeschwindigkeiten in erster Linie in den Umgehungsrohren auftreten würden, während hohe Fließgeschwindigkeiten das Ventil mit Federlast betreiben und zulassen würden, dass mehr Gas über das Wasser in der Befeuchtungskammer gelangt. Der Winkel des einstellbaren Ventils mit Federlast könnte auch von dem Befeuchter verwendet werden, um die Gasfließgeschwindigkeit zu messen.

[0081] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen alternative Serienkonfigurationen für Kammern mit niedriger relativer Feuchtigkeit, wo das in die Kammer **35** mit erwärmtem Wasser **36** gelangende trockene Gas entweder über das Heizelement **37** in [Fig. 7](#) vorgeheizt wird oder über das Heizelement **38** in [Fig. 8](#) nach Verlassen der Kammer erwärmt wird. In beiden Fällen sieht das Heizelement ein trockenes Erwärmen des Gases mit dem Ergebnis vor, dass ein Gas mit niedriger relativer Feuchtigkeit und hoher Temperatur den Auslass **39** verlässt.

[0082] Jede der in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Kammern mit niedriger relativer Feuchtigkeit und hoher Temperatur kann in Verbindung mit den zuvor in diesem Patent beschriebenen Steuerschemata verwendet werden, nicht jedoch erfolgreich mit dem Befeuchter nach dem Stand der Technik, da dieser Temperatur-gesteuert und nicht Feuchtigkeits-gesteuert ist.

Isoliertes Zuführrohr

[0083] Ein weiteres Befeuchtungssystem ist in

Fig. 9 gezeigt. Hier ist das Befeuchtungssystem aus **Fig. 8** mit niedriger relativer Feuchtigkeit und hoher Temperatur in Kombination mit einem nicht beheizten, gut isolierten Zuführrohr gezeigt. Das einströmende Gas gelangt durch die Öffnung **35** in die Standard-Befeuchungskammer **36**, welche Wasser **37** enthält, das durch die Heizplatte **38** erwärmt wird. Das Gas wird in der Kammer im Wesentlichen gesättigt, verlässt dann die Kammer durch den Gasauslass **39** und gelangt in den beheizten Rohrbereich **40**, welcher das feuchte Gas auf eine höhere Temperatur erwärmt, so dass es eine niedrige relative Feuchtigkeit aufweist. Das Gas gelangt dann durch das Rohr **41**, welches eine Isolationsschicht **42** um sich herum aufweist. Vorzugsweise ist die Isolationsschicht eine dünne Hülle stagnierender Luft, welche den Wärmeverlust verringert. Wie das Gas mit hoher Temperatur gelangt Gas mit niedriger relativer Feuchtigkeit durch das Isolationsrohr und eine geringe Wärmemenge geht durch die Rohrwände verloren und daher kühlt das Gas ab. Die durch das Heizelement **40** angewendete Wärmemenge ist jedoch so geregelt, dass das Gas nie unter seinen Taupunkt abkühlen kann, was zu einer Kondensation im Rohr **41** führen würde.

[0084] Verschiedene unterschiedliche Sensorkonfigurationen werden vorgeschlagen. Zunächst könnte der Sensor **43** ein Sensor für die absolute Feuchtigkeit sein, welcher die Heizplatte **38** so steuert, dass die Kammer **36** den gewünschten Feuchtigkeitswert erzeugt. Bei einer Ausführungsform ist der Sensor **45** ein Temperatursensor, welcher das Heizelement **40** derart regelt, dass das an dem Sensor **45** vorbei gelangende Gas eine bestimmte gewünschte Temperatur beibehält. Ist diese Temperatur höher als der Taupunkt des Gases am Sensor **43**, dann sollte es im Rohr **41** zu keiner Kondensation kommen. Es kann jedoch bereits Kondensat im Rohr **41** sein, wenn der Befeuchter eingeschaltet wird. Wird für den Sensor **45** ein Feuchtigkeitssensor anstatt eines Temperatursensors verwendet, dann kann die im Rohr **41** auftretende Kondensatmenge geregelt werden. Die zuvor in diesem Patent beschriebenen Algorithmen zur zweifachen Steuerung des Feuchtigkeitssensors können mit diesem System verwendet werden.

[0085] Eine alternative Anordnung des Sensors für die absolute Feuchtigkeit ist an der Position **44** anstatt an der Position **43** möglich. Die absolute Feuchtigkeit sollte hier dieselbe sein wie bei **43**, da das Gas erwärmt worden ist und so jegliche Feuchtigkeit verloren hat. Es kann jedoch Vorteile der Platzierung des Sensors für die absolute Feuchtigkeit bei **44** geben, beispielsweise aufgrund eines besseren Sensorbetriebs in einer Umgebung mit niedriger relativer Feuchtigkeit. Diese Anordnung des Sensors für die absolute Feuchtigkeit kann mit einem Temperatursensor oder einem Sensor für die absolute Feuchtigkeit an der Position **45** verwendet werden.

Befeuchterkonfigurationen ohne Sensoren an den Atemwegen des Patienten

[0086] Ein weiteres Merkmal betrifft das Entfallen der Notwendigkeit eines Sensors an den Atemwegen des Patienten. Um diesen Sensor sicher entfernen zu können, muss sichergestellt sein, dass das in das Zuführrohr gelangende Gas einen sicheren Temperaturwert und eine sichere absolute Feuchtigkeit aufweist und dass die Flächen im Inneren des Zuführrohrs sichere Temperaturwerte nicht übersteigen. Dies impliziert ein Zuführrohr mit einer konstanten Innenwandtemperatur.

[0087] Es wäre daher wünschenswert, über ein beheiztes Zuführrohr zu verfügen, welches seine Temperatur selbst auf einen gewünschten Wert regelt. Das Heizelement könnte entweder in der Wand des Zuführrohrs selbst eingebettet sein oder im Lumen des Zuführrohrs liegen oder es könnte um die Außenseite des Zuführrohrs herum gewickelt sein. Ein solches Heizelement könnte aus einem Material mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (PTC) (wie beispielsweise „Winterguard“ von Raychem Corp., Menlo Park, Kalifornien USA) gefertigt sein, so dass der Widerstand des Heizelements zunimmt, wenn das Heizelement heiß ist, was zu einer verringerten Energie führt. Das Zuführrohr kann jedoch durch mehr als eine Umgebung verlaufen oder kann an bestimmten Stellen des Rohrs lokale Luftzüge aufweisen. Sind die PTC-Elemente parallel angeordnet, wird der volle Nutzen des PTC-Heizelements deutlich. Sind die PTC-Elemente parallel angeordnet, weisen die kalten Abschnitte des Rohrs einen geringeren Widerstand auf, was dazu führt, dass mehr Wärme abgeleitet wird. Das Rohr neigt also dazu, seine Temperatur selbst zu regeln.

[0088] **Fig. 10** zeigt die Konstruktion eines Rohrs mit flexiblen PTC-Elementen in einer parallelen Drahtkonfiguration. Das Rohr **48** ist aus einem flexiblen PTC-Material gebildet, welches zwei Bandverbindungen mit geringem Widerstand **46** und **47** an seinen beiden Seiten aufweist. Dies ermöglicht, dass jeder Abschnitt des Rohrs aus kurzen leitenden Rohrsegmenten besteht, welche zwischen den Leitungen **46** und **47** parallel verbunden sind. Diese Segmente sind durch gepunktete Linien dargestellt, welche das Rohr in **Fig. 10** umgeben. Die Leitungen **46** und **47** sind mit einer regelbaren Spannungsquelle **49** verbunden, welche eine Gleichstrom- oder Wechselstromquelle sein kann. Das Rohr hat eine Außenschicht (nicht gezeigt), welche dem Rohr eine Elektroisolierung und Thermoisolierung verleiht. Jedes Längssegment des Rohrs ist in der Lage, seine eigene Temperatur unabhängig vom Rest des Rohrs zu regeln. Um diese Operation zu verbessern, kann es notwendig sein, parallele Schlitze **50** vorzusehen, welche orthogonal zu der Achse des Rohrs verlaufen, um eine elektrische Querschaltung zwischen den

verschiedenen PTC-Segmenten auszuschließen.

[0089] Obgleich eine spezifische Ausbildung eines beheizten PTC-Rohrs erläutert und beschrieben worden ist, könnten andere PTC-Rohrausbildungen verwendet werden. Es könnte auch von Vorteil sein, ein PTC-Rohr zu bilden, welches anstelle eines konstanten Temperaturprofils ein unterschiedliches Temperaturprofil entlang seiner Länge aufweist. Die PTC-Anordnung könnte auch erweitert sein, um PTC-Heizelemente in anderen Teilen des Beatmungskreislaufs des Patienten zu umfassen, wie beispielsweise an dem flexiblen Verlängerungsrohr, welches üblicherweise zwischen dem Y-Stück (Öffnung 17 in [Fig. 1](#)) und dem Endotrachealrohr des Patienten angebracht ist. Eine weitere Erweiterung des PTC-Rohrkonzepts wäre ein selbst-beheiztes und Temperatur-gesteuertes Endotrachealrohr.

[0090] Das in [Fig. 10](#) beschriebene PTC-Rohr ermöglicht das Bilden eines Befeuchters, welcher keinen Sensor an den Atemwegen des Patienten verwendet. [Fig. 11](#) zeigt eine Befeuchterkonfiguration unter Verwendung dieses Rohrs. Gas gelangt in die Befeuchungskammer 52 über die Einlassöffnung 51 und wird durch Wasser 53 befeuchtet und durch die Heizplatte 54 beheizt. Der Sensor für die absolute Feuchtigkeit 55 steuert die Heizplatte, so dass das am Sensor 55 vorbei gelangende Gas einen gewünschten Wert für die absolute Feuchtigkeit aufweist. Das PTC-Rohr 56 ist durch eine externe elektrische Spannung (nicht gezeigt) beheizt, so dass die Temperatur der Innenfläche eine konstante gewünschte Temperatur ist, welche gewählt ist, um über dem Taupunkt des Gases zu liegen. Das Gas, welches das Rohr 56 am Auslass 57 verlässt, ist der Temperatur des Rohrs nahe und enthält das gewünschte Niveau absoluter Feuchtigkeit, welches durch den Sensor für die absolute Feuchtigkeit 55 gesteuert ist.

[0091] Eine Variante des in [Fig. 11](#) gezeigten Systems wäre die Verwendung eines Temperatursensors in Position 55. Eine weitere Variante eines Rohrs mit einer konstanten Innenwandtemperatur wäre ein Zuführrohr mit beheiztem Wasser oder einem anderen Fluid, welches durch engere Leitungen in der Wand des Zuführrohrs gepumpt wird. Da das beheizte Fluid eine hohe spezifische Wärme im Bezug zur Luft aufweist, bleibt die Temperatur des Fluids während der Passage durch die Zuführwandleitungen ziemlich konstant.

Verwendung eines Sensors/Heizverteilers

[0092] Traditionelle Befeuchter verwenden Sensoren, welche fühlertförmig sind, so dass sie durch speziell gestaltete Löcher an der Seite des Beatmungskreislaufs eingeführt werden können, um die Temperatur zu messen. Die Befeuchteranordnungen könn-

ten jedoch viele Sensoren um die Kammer herum umfassen, so dass die Verwendung eines Verteilers 59, wie in [Fig. 12](#) gezeigt, nützlich sein kann.

[0093] Die Befeuchungskammer 60 ist ein entfernbares Element, welches wie in [Fig. 12](#) gezeigt, auf die Befeuchterbasis 61 geschoben werden kann. Wenn die Kammer 60 auf die Befeuchterbasis 61 geschoben wird, kommt ihre Basis in Kontakt mit der Heizplatte 62 und ihre Einlass- und Auslassöffnungen 63 und 64 kommen in Kontakt mit den Löchern 67 und 68 in dem Verteiler 59. Zu befeuchtende trockene Luft gelangt an der Öffnung 65 in den Verteiler, verlässt den Verteiler durch die Öffnung 67 und fließt durch die Öffnung 63 in die Kammer 60, wo sie befeuchtet wird.

[0094] Nach dem Verlassen der Kammer 60 gelangt das feuchte Gas durch die Kammeröffnung 64 in die Verteileröffnung 68. Schließlich verlässt das feuchte Gas den Verteiler 59 durch die Öffnung 66 und gelangt in den Beatmungskreislauf.

[0095] Der Verteiler kann eine separate, entfernbare Anordnung sein oder er kann ein integrierter Bestandteil der Befeuchterbasis sein. Er kann Temperatursensoren, Feuchtigkeitssensoren, Durchflusssensoren oder ein Heizelement umfassen. Diese wären im Inneren des Verteilers 59 an den Positionen 72 und 73 angeordnet. Der Verteiler 59 kann beheizt sein, um eine Kondensation des feuchten Gases zu verhindern. Er könnte mit beiden Kammeröffnungen 63 und 64 wie beschrieben verbunden sein, oder er könnte nur mit der Auslassöffnung 64 verbunden sein. Ein Vorteil der Verwendung eines Verteilers besteht darin, dass viele Sensoren oder Heizelemente in einer einzigen, zu reinigenden Anordnung kombiniert sein können anstatt separate Fühler erforderlich zu machen, welche in den Beatmungskreislauf gesteckt werden müssen. Dies vereinfacht den Anschluss und die Einrichtung für den Benutzer. Ein weiterer Vorteil eines Verteilers besteht darin, dass die Temperatur des einströmenden trockenen Gases und die Fließgeschwindigkeit ohne zusätzliche Fühler und Verbindungen einfach gemessen werden können.

Variationen der beschriebenen Konfigurationen

[0096] Obgleich Sensoren für die absolute Feuchtigkeit bei all den verschiedenen Befeuchterkonzepten beschrieben worden sind, könnten auch Sensoren für die relative Feuchtigkeit verwendet werden. Dies könnte Steuerungsalgorithmen erforderlich machen, welche von den in diesem Patent beschriebenen geringfügig abweichen. Alternativ könnte ein Sensor für die relative Feuchtigkeit mit einem Temperatursensor kombiniert werden. Dies ermöglicht, dass die absolute Feuchtigkeit nicht direkt gemessen, sondern aufgrund der relativen Feuchtigkeit und

der Temperatur berechnet wird.

[0097] Alle in diesem Patent beschriebenen neuen Befeuchtungskonzepte könnten mit zusätzlichen Temperatursensoren verwendet werden. Diese können zusätzliche Vorteile vorsehen, wie beispielsweise eine Sicherung im Fall eines defekten Feuchtigkeitssensors. Ein weiterer Vorteil bestünde im Beibehalten der dem Patienten bereitgestellten Temperatur innerhalb bestimmter Grenzen, so dass die relative Feuchtigkeit nicht zu niedrig ist, auch wenn die absolute Feuchtigkeit akzeptierbar ist.

[0098] In ähnlicher Weise kann es von Nutzen sein, die Luftfließgeschwindigkeit durch den Befeuchter zu messen, da dies ein wichtiger Parameter ist, welcher die Befeuchtersteuerung beeinflusst. So könnten Durchflusssensoren in jedem der zuvor beschriebenen Systeme integriert sein. Eine nützliche Durchflusssensoranordnung nach dem Stand der Technik sieht die Verwendung eines auf Wärmeverlust von einem heißen Element im Luftstrom basierendem Sensors vor. Wird ein erwärmter Feuchtigkeitssensor verwendet, kann die Wärmemenge, welche erforderlich ist, damit der Sensor eine bestimmte Temperatur erreicht, genutzt werden, um die Gasfließgeschwindigkeit zu bestimmen.

[0099] Infektionskontrolle ist ein wichtiger Faktor bei der Entwicklung medizinischer Komponenten. Um eine bakterielle Besiedelung der Komponenten in dem Befeuchtungssystem zu verhindern, könnten alle Teile, welche in Kontakt mit dem Gasstrom kommen, aus antibakteriellem Kunststoff gefertigt sein. Um eine Kontaminierung der Fühler zu vermeiden, könnten die Fühleröffnungen eine wegwerfbare Hülle umfassen, welche den Fühler vor pathogenen Stoffen im Beatmungskreislauf schützt. Dies wäre insbesondere für Temperaturfühler von Bedeutung. Feuchtigkeitssensoren müssen im Allgemeinen in Kontakt mit dem Gasstrom kommen; daher käme eine wegwerfbare Hülle für Feuchtigkeitssensoren nur in Frage, wenn diese optisch funktionieren oder die Hülle aus einem wasserdampfdurchlässigen Material gebildet wäre, welches keine pathogenen Substanzen durchlässt. Die Schutzhülle könnte ein integraler Teil eines wegwerfbaren Beatmungskreislaufs sein.

Patentansprüche

1. Befeuchtungsvorrichtung zum Befeuchten eines Gasstromes, welcher zu einem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person geführt wird, umfassend:
ein Befeuchtungskammermittel (1) mit einem Einlass (4) und einem Auslass (10), um dem Gasstrom zu ermöglichen, durch das Befeuchtungskammermittel (1) zu gelangen,
Kammerheizmittel, welche neben dem Befeuchtungskammermittel (1) vorgesehen sind, umfassend

ein Nassheizmittel (9), welches dafür ausgelegt ist, flüssiges Wasser (21) in dem Befeuchtungskammermittel (1) zu verdampfen, um Wasserdampf für den Gasstrom vorzusehen, welcher durch das Befeuchtungskammermittel (1) gelangt, umfassend ein Trockenheizmittel (20), welches dafür ausgelegt ist, den durch das Befeuchtungskammermittel (1) gelangenden Gasstrom direkt zu heizen, und ein mit dem Auslass (10) des Befeuchtungskammermittels (1) verbundenes Gastransportwegemittel (11) zum Leiten des Gasstromes zu dem Patienten oder einer anderen solche Gase benötigenden Person,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Trockenheizmittel parallel zu dem Nassheizmittel ist und die Vorrichtung ferner umfasst:

ein Feuchtigkeitserfassungsmittel (7, 8) zum Vorsehen einer Anzeige der absoluten Feuchtigkeit des Gasstromes an wenigstens einem Punkt auf dem Strömungsweg des Gasstromes durch die Vorrichtung, und

ein Steuer/Regel-Mittel, das dazu ausgebildet ist, das Nassheizmittel (9) und das Trockenheizmittel (20) auf der Grundlage des Feuchtigkeitserfassungsmittels (7, 8) so mit Energie zu versorgen, dass ein gewünschtes Niveau absoluter Feuchtigkeit erreicht wird.

2. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Kammerheizmittel ein Spiralelement (20) aus Metall umfasst.

3. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Kammerheizmittel ein geheiztes poröses Keramikelement (22) umfasst, das dafür ausgelegt ist, in Kontakt mit dem flüssigen Wasser und dem Gasstrom zu stehen.

4. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Heizmittel eine geheizte semipermeable Membran (24) umfasst, die dafür ausgelegt ist, in Kontakt mit dem flüssigen Wasser und dem Gasstrom zu stehen.

5. Befeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Befeuchtungskammermittel ferner ein Befeuchtungsumgehungsmittel umfasst, um zu ermöglichen, dass ein Teil der strömenden Gase im Wesentlichen ohne Befeuchtung von dem Einlass (4) des Befeuchtungskammermittels (1) zu dem Auslass (10) des Befeuchtungskammermittels (1) gelangt.

6. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei das Befeuchtungsumgehungsmittel ein Umgehungsleitungsmittel (27) umfasst, welches wenigstens einen Teil der Wassermenge (28) durchleitet, um einen Teil des Gasstromes von dem Einlass (4) des Befeuchtungskammermittels (1) zu dem Auslass (10) des Befeuchtungskammermittels (1) zu leiten, und ein in dem Umgehungsleitungsmittel (27) vorgesehe-

nes Ventilmittel (**26**) umfasst, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**27**) zu steuern, wobei die Temperatur der durch das Umgehungsleitungsmittel (**27**) strömenden Gase durch die Temperatur der Wassermenge (**28**) beeinflusst wird.

7. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, wobei das Befeuchtungskammermittel (**1**) ferner ein Umgehungsleitungsmittel (**33**) zum Leiten eines Teils des Gasstromes von dem Einlass (**4**) des Befeuchtungskammermittels (**1**) zu dem Auslass (**10**) des Befeuchtungskammermittels (**1**) umfasst, umfassend ein Umgehungsheizmittel (**58**), welches dafür ausgelegt ist, den Teil des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**33**) zu heizen und/oder das Umgehungsleitungsmittel (**33**), wobei ein Ventilmittel (**30**) in dem Umgehungsleitungsmittel (**33**) vorgesehen ist, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**33**) zu steuern.

8. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die durch das Ventilmittel (**26**, **30**) für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**27**, **33**) vorgesehene Begrenzung bei der Anwendung dauerhaft eingestellt ist.

9. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die durch das Ventilmittel (**26**, **30**) für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**27**, **33**) vorgesehene Begrenzung bei der Anwendung manuell einstellbar ist.

10. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, welche ferner ein Strömungserfassungsmittel umfasst, das eine Anzeige der momentanen Strömungsgeschwindigkeit vorsieht, wobei das Steuermittel dazu konfiguriert ist, die Begrenzung zu steuern, die das Ventilmittel (**26**, **30**) für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel (**27**, **33**) auf der Basis der Anzeige der momentanen Strömungsgeschwindigkeit des Gasstromes durch das Befeuchtungskammermittel (**1**) vorsieht, damit der aus dem Befeuchtungskammermittel (**1**) austretende Gasstrom eine im Wesentlichen konstante Feuchtigkeit aufweist.

11. Befeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei das Ventilmittel einen elektromechanischen Aktuator umfasst, welcher mit einem Ventilelement verbunden ist, wobei die Energieversorgung des elektromechanischen Aktuators die Position des Ventilelements verändert, wodurch die durch das Ventilmittel für die Strömungsgeschwindigkeit des Teils des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel vorgesehene Begrenzung verändert wird.

12. Befeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei das Ventilmittel entweder ein mit einem elastischen Element verbundenes Ventilelement umfasst oder ein elastisches Ventilelement umfasst, wobei das Ventil in dem Gasstrom an dem Einlass des Befeuchtungskammermittels positioniert ist und wobei die Position des Ventilelements oder des elastischen Ventilelements dadurch den Teil des Gasstromes in dem Umgehungsleitungsmittel bestimmt.

13. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Position des Ventilelements oder des elastischen Ventilelements eine Anzeige der Strömungsgeschwindigkeit des Gasstromes an dem Einlass zu dem Befeuchtungskammermittel vorsieht.

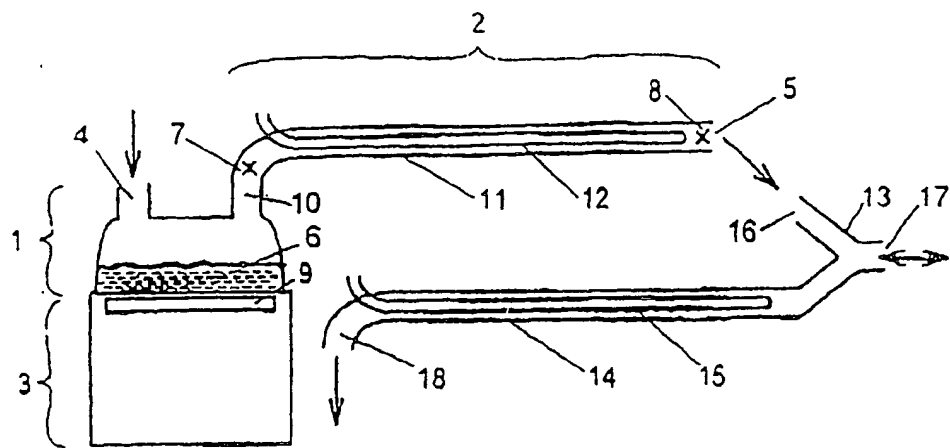
14. Befeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1, welche ferner Gasheizmittel (**37**) benachbart zu dem Einlass (**35**) des Befeuchtungskammermittels (**1**) zum Heizen des Gasstromes vor dem Befeuchten umfasst.

15. Befeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Vorrichtung ferner ein Gasheizmittel (**38**) nahe dem Auslass (**39**) des Befeuchtungskammermittels (**1**) zum Heizen des Gasstromes nach dem Befeuchten umfasst.

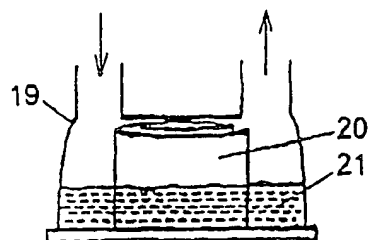
16. Befeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Gastransportwegemittel (**41**) Isolierungsmittel (**42**) umfasst, die dazu ausgelegt sind, die Menge der durch den Gasstrom in dem Gastransportwegemittel (**41**) verlorenen Wärmeenergie zu minimieren, wobei das Steuermittel dafür ausgelegt ist, das Kammerheizmittel (**138**) mit Energie zu versorgen, um die Kondensierung des Dampfes der Gase in dem Gastransportwegemittel (**41**) zu minimieren, während vorbestimmte Werte absoluter Feuchtigkeit vorgesehen werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

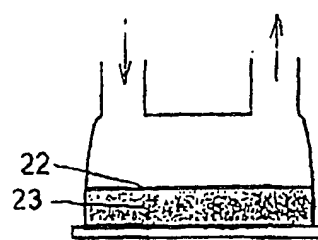
Anhängende Zeichnungen



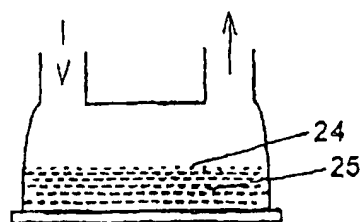
Figur 1



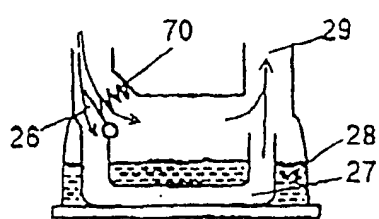
Figur 2



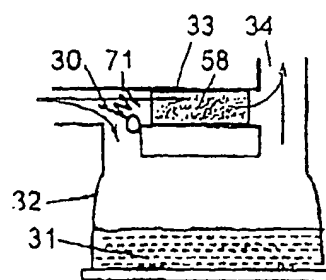
Figur 3



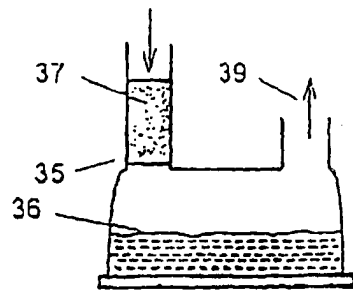
Figur 4



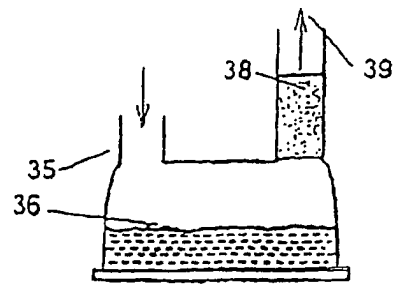
Figur 5



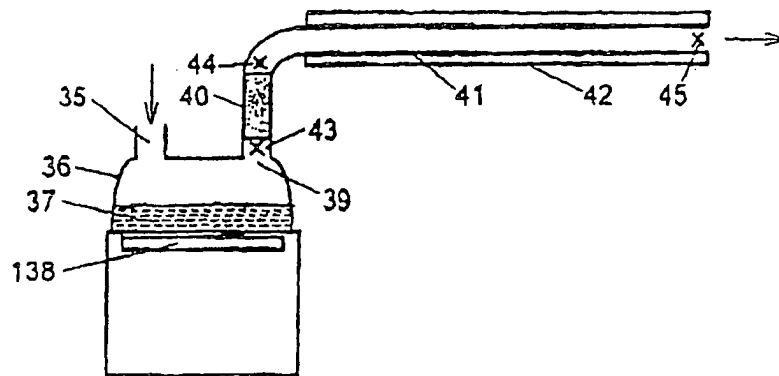
Figur 6



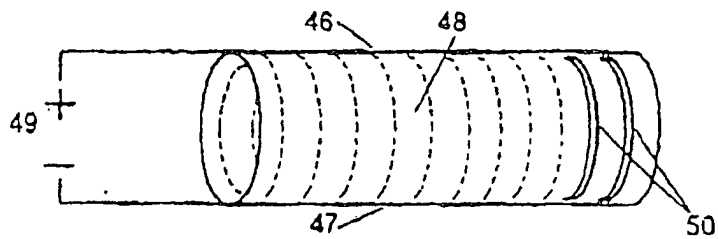
Figur 7



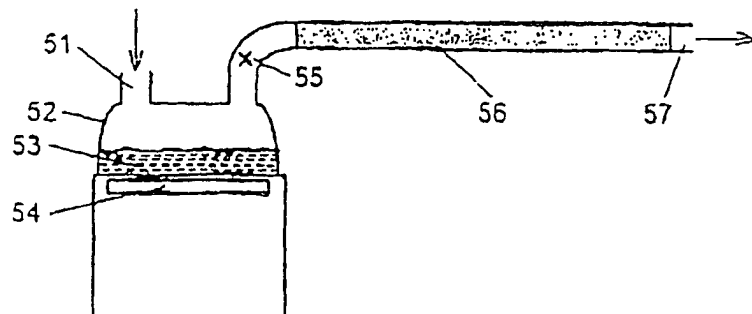
Figur 8



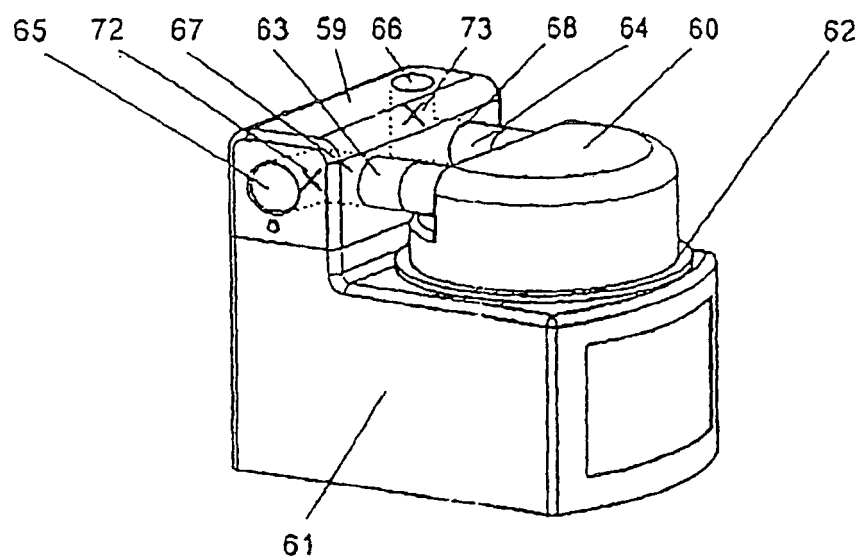
Figur 9



Figur 10



Figur 11



Figur 12