

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : F24F	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/53977 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. September 2000 (14.09.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01124 (22) Internationales Anmeldedatum: 11. Februar 2000 (11.02.00) (30) Prioritätsdaten: 199 10 441.7 10. März 1999 (10.03.99) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STROH, Norbert [DE/DE]; Ruhesteinweg 33, D-71106 Magstadt (DE). WALITZA, Eckehard [DE/DE]; Ludwigstrasse 32, D-73430 Aalen (DE). (74) Anwälte: SCHRELL, Andreas usw.; Maybachstrasse 6A, D-70469 Stuttgart (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(54) Title: AIR HUMIDIFIER (54) Bezeichnung: LUFTBEFEUCHTUNG (57) Abstract The present invention relates to an air humidifier and to a method for humidifying air, wherein the use of special devices makes it possible to humidify air with sterile water. (57) Zusammenfassung Die vorliegende Erfindung betrifft einen Luftbefeuchter sowie ein Verfahren zum Befeuchten von Luft, wobei durch den Einsatz spezieller Vorrichtungen die Befeuchtung von Luft mit keimfreiem Wasser ermöglicht wird.		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Luftbefeuchtung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Befeuchtung von Luft ebenso wie ein Verfahren zur Luftbefeuchtung unter Einsatz dieser Vorrichtung.

Der Einsatz von Luft einer bestimmten Feuchte ist in vielen Fällen erwünscht beziehungsweise notwendig, zum Beispiel in der Klimatechnik oder der Medizin. Luft aus Druckluftleitungen oder Flaschen ist in der Regel zu trocken, während Umgebungsluft große Schwankungen hinsichtlich ihrer Feuchte aufweist und zudem in ihrer Zusammensetzung oft nicht den Anforderungen genügt.

Für die Befeuchtung von Luft werden verschiedene Verfahren angewendet. In den meisten Fällen wird Wasser versprüht oder verdampft. So verwendet ein gängiges Verfahren zum Beispiel ein offenes Wasser-Reservoir, aus dem Flüssigkeit abgepumpt und in den Luftstrom eingesprüht wird. Das nicht vom Luftstrom aufgenommene Wasser fließt in das Reservoir zurück. In diesem Wasser-Reservoir vermehren sich die eingetragenen Mikroorganismen und können nur durch Einsatz von Chemikalien kontrolliert werden. Die befeuchtete Luft ist daher in vielen Fällen in unerwünschter Weise Chemikalien-belastet. Um dem Mikroorganismenbefall zu begegnen, wurden Verfahren

- 2 -

entwickelt, gemäß derer das Befeuchtungswasser erhitzt wurde. Es stellte sich allerdings heraus, daß auch abgetötete Mikroorganismen beziehungsweise deren Zellbestandteile den Atemtrakt von Menschen belasten können. Alternativ dazu wurden daher Verfahren entwickelt, die das Einbringen von Wasserdampf in die zu befeuchtende Luft vorsehen. Dabei wird das Wasser bis zum Siedepunkt erhitzt und nur die dampfförmige Phase für die Befeuchtung genutzt. Ein Nachteil dabei sind die notwendigen langen Mischstrecken, um eine gleichmäßige Befeuchtung zu erreichen. Schließlich ist es bekannt, Wasser direkt in dem zu klimatisierenden Raum zu versprühen. Dazu ist allerdings eine optimale Verteilung von sehr vielen Düsen notwendig, um überall im Raum eine gleichmäßige Feuchte zu erzielen. Dieses System ist zudem nicht ohne weitere Maßnahmen in eine vorhandene Klimatisierungsanlage zu integrieren.

Bekannt ist es beispielsweise aus der EP 0 370 540 A1 und der US 5,348,691 eine Sterilisierung von Wasser durch Filtration mit Membranen zu erzielen. Gemäß der dort beschriebenen Verfahren wird trockene Luft aus einem Gebläse durch einen Membrankontaktor geleitet, wobei der Membrankontaktor die flüssige Phase, also Wasser, von der Luft trennt und auf sehr kleinem Raum den Luftstrom einer großen Wasseroberfläche aussetzt. Von der Wasseroberfläche verdunsten die Wassermoleküle und treten in den Luftstrom über. Die eingesetzten Membranen sind hydrophile ebenso wie hydrophobe Membranen, vorzugsweise in Kapillarform. Für die üblicherweise großen Luftströme muß eine große Membranfläche bei geringem Strömungsdruckverlust bereitgestellt wer-

den. Dies führt sowohl bei Flach-, als auch bei Hohlfasermembranen zu sehr kurzen Modulen mit sehr großen Stirn-, das heißt Anströmflächen. Um die erforderlichen geringen Druckverluste zu realisieren, müssen die Strömungskanäle relativ groß oder die Hohlfaserdurchmesser dürfen nicht zu klein sein. Dies bringt jedoch den Nachteil mit sich, daß keine hohe Packungsdichte erreicht werden kann. Zudem ist die großtechnische Herstellung derartiger Module bisher noch nicht erprobt und wird wohl ein sehr aufwendiges Verfahren mit sich bringen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, einen Luftbefeuchter zur Verfügung zu stellen, der die vorgenannten Nachteile überwindet, insbesondere eine große Kontaktfläche von Wasser zu Luft bei gleichzeitig geringem Strömungsdruckverlust bereitstellt.

Die vorliegende Erfindung löst dieses technische Problem durch die Bereitstellung eines Luftbefeuchters, umfassend einen Membrankontaktor, wobei der Membrankontaktor mindestens eine in einen hydrophilen, porösen Körper eingebettete Rohrmembran aufweist. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der hydrophile, poröse Körper ein Körper aus einem keramischen Material, im folgenden Keramikkörper genannt. Der Körper kann ausschließlich aus dem keramischen Material bestehen oder dieses in wesentlichen Mengen, vorzugsweise in einer Menge von mehr als 50 Gew.-%, bezogen auf das Körpergewicht, enthalten. Erfindungsgemäß können zum Beispiel keramische Grobfilter eingesetzt werden, wie sie für die Metallschmelzenfil-

tration verwendet werden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der hydrophile, poröse Körper aus einem Polymer hergestellt, das heißt besteht aus diesem Polymer oder enthält dieses Polymer in wesentlichen Mengen, bevorzugt in einer Menge von mehr als 50 Gew.-%, bezogen auf das Körpergewicht. Selbstverständlich ist es möglich, auch hydrophile poröse Körper aus anderen Materialien einzusetzen, sofern diese in der Lage sind, eine Verteilung des Wassers auf einer großen Oberfläche zu gewährleisten. Erfindungsgemäß können als ausschließlicher oder wesentlicher Bestandteil des Körpers auch organische oder anorganische Gewebe oder gewebeähnliche Strukturen eingesetzt werden, bestehend aus oder enthaltend in wesentlichen Teilen, bevorzugt zu mehr als 50 Gew.-% (bezogen auf Körpergewicht), poröses Fadenmaterial. Der Körper sollte hydrophil sein und eine poröse, das heißt oberflächenvergrößerte Struktur aufweisen. Zudem ist es notwendig, daß der hydrophile poröse Körper so fest und starr ist, daß durch die anströmende Luft keine Kompression und damit keine wesentliche Veränderung der Porenstruktur und Durchströmgeschwindigkeiten stattfindet. Erfindungsgemäß eingesetzte Körper weisen also vorzugsweise eine selbsttragende und inkompressible Struktur auf.

In bevorzugter Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Porendurchmesser der Poren des hydrophilen, porösen Körpers kleiner oder gleich 5 mm.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter einem Membrankontaktor die erfindungsgemäße

Einheit aus mindestens einer Rohrmembran und hydrophilem porösen Körper verstanden. Die Funktion eines Membrankontaktors liegt darin, über die in ihr enthaltene mindestens eine Rohrmembran eine Sterilisation des Wassers zu erreichen, während der hydrophile poröse Körper als oberflächenvergrößerndes Kontaktmittel zwischen Luft und keimfreiem Wasser dient. Der erfindungsgemäße Membrankontaktor kann in herkömmlichen Luftbefeuchtern in Form eines Moduls einzeln, mit anderen Modulen und der Wasserzuleitung in Reihe oder parallel geschaltet eingebaut sein. Der Einsatz des Membrankontaktors gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Luftbefeuchter kann überall dort erfolgen, wo befeuchtete keimfreie Luft notwendig ist, beispielsweise in Klimatisierungsanlagen sowohl stationär, zum Beispiel in Gebäuden, als auch in mobilen Einheiten wie Fahrzeugen, in Raumluftbefeuchtern, Sterilbänken, Operationssälen, Laboratorien, bei der Herstellung von Arzneimitteln oder sterilen Geräten oder bei der Aufbewahrung von wertvollen Kulturgütern wie Büchern oder in Lager- und Ausstellungsräumen, Museen etc..

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter einer Membran eine technische Membran verstanden, besonders bevorzugt eine dünne, folienartige und mikroporöse Trennschicht. Eine derartige poröse Membran kann eine schaumartige Netzstruktur aufweisen. Erfindungsgemäß ist der Einsatz homogener ausgebildeter Membranen ebenso möglich wie der Einsatz asymmetrisch, beispielsweise aus einer Stütz- und Trennschicht aufgebauter Membranen.

- 6 -

Die erfindungsgemäße Membran ist in bevorzugter Weise also ein Membranfilter, der in besonders bevorzugter Weise zum Beispiel aus keramischen oder polymerem Material, zum Beispiel Cellulose-Derivaten, Polyamiden, Polyvinylchlorid, Polysulfon und/oder Teflon hergestellt sein kann und aus diesem besteht oder dieses in wesentlichen Teilen, insbesondere zu mehr als 50 Gew.-% enthält. In bevorzugter Weise sind die Membranen 50 bis 250 μm dick.

Die erfindungsgemäßen Membranen sind als Rohrmembran oder tubuläre Membran ausgeführt.

Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, Kapillarmembranen oder Hohlfasermembranen zu Bündeln von tubulären Schläuchen zusammenzufassen und als Bündel in dem hydrophilen Körper zu integrieren.

Die Erfindung sieht in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vor, daß die mindestens eine Rohrmembran eine keramische Rohrmembran oder eine polymere Filtrationsmembran, insbesondere Mikrofiltrationsmembran ist. Selbstverständlich können auch andere Rohrmembranen eingesetzt werden, solange sie im wesentlichen tubuläre Formen sowie einen Porendurchmesser aufweisen, der das Zurückhalten von Mikroorganismen, zum Beispiel Bakterien, Vieren, Zellen menschlicher, tierischer oder pflanzlicher Herkunft, Teilen davon und/oder hochmolekularen Substanzen ermöglicht. In besonders bevorzugter Weise weisen die Rohrmembranen Poren mit einem Durchmesser von $<0,2 \mu\text{m}$, insbesondere von $0,01$ bis $0,20 \mu\text{m}$,

- 7 -

auf. Es können auch Filtrationshohlfasern, insbesondere Mikrofiltrationshohlfasern, eingesetzt werden.

In bevorzugter Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt der Innendurchmesser der Rohrmembran in einem Bereich von 200 μm bis 16 mm.

Die Erfindung sieht also vor, das Wasser, welches gegebenenfalls Keime enthält, durch mindestens eine Rohrmembran, also eine tubulär oder schlauchförmig ausgebildete Membran, in einen hydrophilen porösen Körper geführt wird. Das Wasser tritt in dem hydrophilen porösen Körper durch die Poren der Membran in den Körper über. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, daß die Poren der Membran so klein sind, daß weder Mikroorganismen noch Bruchstücke lysierter Mikroorganismen oder größere, eventuell toxisch oder allergen wirkende Moleküle, die Membran passieren können. Die Rohrmembran wirkt gleichsam also als Filter für unerwünschte Inhaltsstoffe des Wassers. Das die Rohrmembran verlassende Wasser ist daher keimfrei. Dieses Wasser gelangt in die Poren des porösen Körpers und wird dort durch Kapillarkräfte auf die gesamte innere und obere Fläche des Körpers verteilt. Die zu befeuchtende Luft wird durch den porösen Körper geleitet und kann dort auf einer vergleichsweise großen Fläche keimfreies Wasser aufnehmen.

Vorteilhafterweise kann die eigentliche Membranfläche, das heißt die Fläche der Rohrmembran, vergleichsweise klein sein, da die Austauschfläche größtenteils durch die Innen- und Außenflächen des hydrophilen porösen Körpers bereitgestellt wird und

die Filtrationsleistung der erfindungsgemäß eingesetzten Rohrmembranen sehr hoch ist und Werte von mehr als $1000 \text{ l/m}^2 \text{ h bar}$ erreicht.

Die Erfindung sieht in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vor, die Rohrmembran mäanderförmig oder schneckenförmig durch den porösen Körper zu führen. Es kann selbstverständlich auch vorgesehen werden, mehrere Rohrmembranen, zum Beispiel parallel, durch den Körper zu führen, wobei diese auch in beliebiger anderer Weise durch den Körper geführt werden können. Vorzugsweise wird die mindestens eine Rohrmembran so durch den hydrophilen porösen Körper geführt, daß eine gleichmäßige Zufuhr von Wasser in den gesamten vom Luftstrom erreichten Bereich des hydrophilen porösen Körpers gewährleistet wird, wobei die Verteilung der Rohrmembranen also auf die Größe und die Porosität des hydrophilen Körpers sowie den Luftstrom abgestimmt werden muß.

Die Erfindung sieht in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vor, daß der hydrophile, poröse Körper quaderförmig ist und demgemäß vier Seitenflächen und zwei sich gegenüberliegende Anström- und Ausströmflächen aufweist. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß sowohl die An- und als auch die Ausströmfläche des Quaders jeweils größer als jede einzelne von dessen Seitenflächen ist, vorzugsweise um den Faktor 2 bis 50, besonders bevorzugt 10 bis 30.

Es kann auch vorgesehen sein, daß sich die Flächen von An- und Ausströmfläche voneinander unterscheiden, zum Beispiel die Ausströmfläche größer als die Anströmfläche ist, um so die Strömungsführung zu begünstigen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beträgt das Verhältnis von Anströmfläche des hydrophilen porösen Körpers zur Fläche der in dem hydrophilen porösen Körper eingelassenen Rohrmembran 10 bis 25, vorzugsweise 15 bis 25, insbesondere 20.

Die Erfindung sieht in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vor, daß die Längsachse, vorzugsweise die Längsachsen, der mindestens einen Rohrmembran, vorzugsweise der mehreren Rohrmembranen, in mindestens einer Ebene parallel zur Anströmfläche des hydrophilen porösen Körpers liegen. Dabei kann vorgesehen sein, daß die Rohrmembran in einer oder in mehreren Ebenen parallel zur Anströmfläche des hydrophilen porösen Körpers liegen.

Die Erfindung sieht auch die Bereitstellung eines Luftbefeuchters vor, der ein Gehäuse sowie Luftzu- und Luftabführeinrichtungen, einen erfindungsgemäßen Membrankontaktor sowie gegebenenfalls Vorrichtungen zur Bewegung der Luft, wie Pumpen oder Ventilatoren, enthält. Die Erfindung sieht auch vor, daß die Membrankontaktoren der vorliegenden Erfindung zu einem modularen System aus mehreren Membrankontaktoren zusammengesteckt werden können, wobei durchaus mehrere hydrophile, poröse Körper eine oder mehrere gemeinsame Rohrmembranen nutzen kön-

- 10 -

nen, das heißt, daß diese Rohrmembran(en) durch mehrere Körper verläuft. Selbstverständlich betrifft die Erfindung auch Klimaanlage(n), die erfindungsgemäß Membrankontaktoren oder Luftbefeuchter enthalten.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum keimfreien Befeuchten von Luft, wobei Wasser in die mindestens eine Rohrmembran eines Luftbefeuchters der vorliegenden Erfindung geführt, von dort durch die Poren der Rohrmembran in den hydrophilen porösen Körper des Luftbefeuchters beziehungsweise Membrankontakts gelangt, dort verteilt und von einem durch den hydrophilen porösen Körper geleiteten Luftstrom aufgenommen wird.

Die Erfindung sieht in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ein vorgenanntes Verfahren vor, wobei der Luftstrom senkrecht zur Längsachse der Rohrmembran in den hydrophilen porösen Körper des Membrankontakts eingeleitet wird.

Die Erfindung weist dabei den Vorteil auf, daß kurze Diffusionsstrecken für das Wasser senkrecht zur Luftströmungsrichtung vorliegen und daß sich wegen der kurzen, im Strömungsquerschnitt sehr unterschiedlich geformten Strecken der durchströmten Poren, die außerdem noch Querverbindungen mit anderen Poren haben, keine laminaren Strömungen ausbilden. Dies hat erfindungsgemäß den Vorteil, daß keine Mischzone nach der Befeuchtungszone notwendig ist.

- 11 -

Die Erfindung wird anhand des nachfolgenden Beispiels und der dazugehörigen Figur näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt:

einen erfindungsgemäßen Membrankontaktor.

Die Figur zeigt einen Membrankontaktor 1 aus einem hydrophilen porösen quaderförmigen Körper 3 aus keramischem Material und einer durch diesen verlaufenden keramischen Rohrmembran 5. Dargestellt sind auch die Poren 7 des Körpers 3 und die An- und Durchströmrichtung der Luft in Form der großen Pfeile. Die Figur zeigt den Verlauf der Rohrmembran 5, die als tubuläre Mikrofiltrationsmembran ausgeführt ist, wobei die drei Äste 9, 11 und 13 der Rohrmembran 5 mit ihren Längsachsen parallel zueinander und in einer zu der Anströmfläche parallelen Ebene mittig in dem Körper 3 angeordnet sind. Nicht dargestellt beziehungsweise nur angedeutet sind die bogenförmigen Verbindungsstücke der Äste 9, 11 und 13 der Rohrmembran 5. Nicht dargestellt sind auch die Poren der Rohrmembran 5, die einen Durchmesser von 0,1 μm aufweisen. Der hydrophile, poröse Keramikkörper 3 umfaßt zwei jeweils 2,5 cm dicke Keramikplatten, in deren zueinander weisenden Grundflächen halbkreisförmige Kanäle eingebracht werden, die der Aufnahme der Rohrmembran 5 dienen. Die beiden Keramikplatten werden unter Einschluß der Rohrmembran 5 aufeinandergelegt und mittels eines geeigneten Fixiermittels verbunden. Der so gebildete Membrankontaktor 1 wird in einem nicht dargestellten Luftbefeuchter so im Luftstrom positioniert,

- 12 -

daß dieser senkrecht auf die Stirn- oder Anströmfläche 15, also eine der beiden größten Flächen, des Quaders strömt. Die Rohrmembran 5 verläuft senkrecht zur Anströmrichtung der Luft. Selbstverständlich kann eine andere Anordnung oder Anzahl der Rohrmembran 5 in dem Körper 3 vorgesehen sein. Für die effiziente Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es wünschenswert, daß der hydrophile poröse Körper 3 möglichst gleichmäßig mit Wasser durch die Rohrmembran 5 versorgt wird.

Wasser wird durch die Rohrmembran 5, die außerhalb des Körpers 3 wasserdicht beispielsweise mittels einer Folie umhüllt ist, unter Druck in den Körper 3 verbracht (kleiner Pfeil in der Figur) und tritt dort durch die Membranporen in den Körper 3 über. Dabei werden unerwünschte Mikroorganismen, deren Bruchstücke und hochmolekulare Bestandteile in der Rohrmembran 5 zurückgehalten. Das Wasser verteilt sich durch die Kapillarkräfte auf der gesamten inneren und äußeren Oberfläche der porösen Struktur. Senkrecht zur Längsachse der Rohrmembran 5 strömt die zu befeuchtende Luft in den porösen hydrophilen Körper 3 ein und nimmt das keimfreie Wasser auf. Aufgrund der kurzen Diffusionsstrecken für das Wasser senkrecht zur Luftströmungsrichtung und der kurzen, im Strömungsquerschnitt sehr unterschiedlich geformten Strecken der durchströmten Poren, bilden sich keine laminaren Strömungen aus. Bei Luftgeschwindigkeiten von 2,5 m/s können Befeuchtungsleistungen von 50 bis 100 kg/h m² Anströmfläche erzielt werden. Für die Sättigung trockener Luft benötigt man unter Normbedingungen 17 g Wasser pro 1 Nm³ Luft. Vorteilhafterweise wird durch den

- 13 -

angelegten Druck auf der Wasserseite gerade so viel keimfreies Wasser durch die Membran 5 gepreßt, wie es zur Erlangung einer bestimmten Feuchte des durch den porösen Körper 3 geblasenen Luftstroms notwendig ist. Dadurch wird erreicht, daß kein überschüssiges Wasser aufgearbeitet und eingesetzt wird.

Ansprüche

1. Luftbefeuchter, umfassend einen Membrankontaktor, wobei der Membrankontaktor (1) mindestens eine in einen hydrophilen, porösen Körper (3) eingebettete Rohrmembran (5) aufweist.
2. Luftbefeuchter nach Anspruch 1, wobei der hydrophile, poröse Körper (3) aus keramischem Material besteht oder dieses in wesentlichen Teilen enthält.
3. Luftbefeuchter nach Anspruch 1, wobei der hydrophile, poröse Körper (3) aus einem Polymer besteht oder dieses in wesentlichen Teilen enthält.
4. Luftbefeuchter nach Anspruch 1, wobei der hydrophile, poröse Körper (3) aus Gewebe oder gewebeähnlichen Strukturen, vorzugsweise aus porösem Fadennmaterial, mit hydrophiler Oberfläche besteht oder dieses in wesentlichen Teilen enthält.
5. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Poren (7) des hydrophilen porösen Körpers (3) einen Durchmesser von <5 mm aufweisen.
6. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rohrmembran (5) aus keramischem

-15-

oder polymeren Material besteht oder dieses in wesentlichen Teilen enthält.

7. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rohrmembran (5) eine Mikrofiltrationshohlfaser oder tubuläre Mikrofiltrationsmembran ist.

8. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Poren der Rohrmembran (5) einen Durchmesser $\leq 0,2 \mu\text{m}$ aufweisen.

9. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rohrmembran (5) einen Innendurchmesser von $200 \mu\text{m}$ bis ca. 16 mm aufweist.

10. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der hydrophile, poröse Körper (3) quaderförmig ist.

11. Luftbefeuchter nach Anspruch 10, wobei die Anströmfläche (15) des Quaders größer als jede seiner Seitenflächen (19) ist.

12. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Rohrmembran (5) mäanderförmig in dem hydrophilen porösen Körper (3) angeordnet ist.

13. Luftbefeuchter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Längsachse der mindestens einen Rohrmembran (5) in einer Ebene parallel zur Anströmfläche (15) des Körpers (3) liegen.

14. Verfahren zur keimfreien Befeuchtung von Luft, wobei Wasser in die mindestens eine Rohrmembran eines Luftbefeuchters nach einem der vorhergehenden Ansprüche geführt, von dort in den hydrophilen, porösen Körper gelangt, dort verteilt und von einem durch den hydrophilen porösen Körper geleiteten Luftstrom aufgenommen wird.

15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Wasser durch Poren der Rohrmembran (5) mit einem Durchmesser $< 0,2 \mu\text{m}$ in den hydrophilen, porösen Körper gelangt.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Luftstrom senkrecht zur Längsachse der Rohrmembran in den hydrophilen, porösen Körper eingeleitet wird.

