



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.02.2019 Patentblatt 2019/07

(51) Int Cl.:
F24F 6/02 (2006.01) **B01D 63/00 (2006.01)**
F24F 11/00 (2018.01) **F24F 3/14 (2006.01)**
F24F 11/30 (2018.01) **F24F 110/00 (2018.01)**
F24F 11/70 (2018.01) **F24F 110/20 (2018.01)**

(21) Anmeldenummer: **18184196.6**

(22) Anmeldetag: **16.12.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Forster, Urs**
8832 Wilen (CH)
• **Lichtner, Frank Walter**
8498 Gibswil (CH)
• **Rasmussen, Leo**
8600 Silkeborg (DK)
• **Winter, Daniel**
79115 Freiburg im Breisgau (DE)
• **Kappenberger, Peter**
8808 Pfäffikon (CH)

(30) Priorität: **18.12.2015 CH 18722015**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
16822372.5 / 3 390 923

(74) Vertreter: **Schalch, Rainer**
c/o E. Blum & Co. Patentanwälte
Vorderberg 11
8044 Zürich (CH)

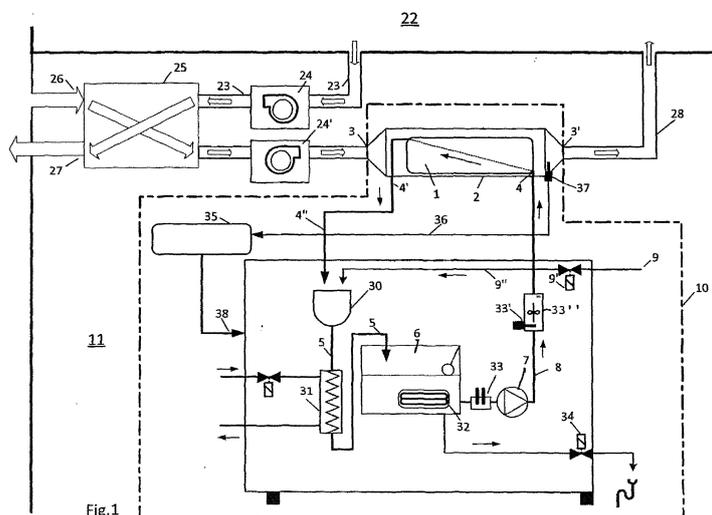
(71) Anmelder:
• **Condair Group AG**
8808 Pfäffikon (CH)
• **Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 18-07-2018 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **MEMBRANELEMENT ZUR LUFTBEFEUCHTUNG UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

(57) Membranelement (60) für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung mit einem Rahmen und mit Rahmenstegen (61-64) mit Vorder- und Rückseite, wobei der Rahmen im Innern einen Steg (67) aufweist, welcher innere Seitenwände des Rahmens verbindet, welcher Steg

über einen ersten Abschnitt (68) im Wesentlichen dieselbe Dicke (D) aufweist wie die Rahmenstege und über einen zweiten Abschnitt (69) seiner Länge eine geringere Dicke (D1) als die Rahmenstege aufweist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft die Membran einer Luftbefeuchtungsvorrichtung und Membranelemente zur Bildung der Membran. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Membranelements.

Hintergrund

[0002] Luftbefeuchtungsvorrichtungen, welche eine für Wasser undurchlässige und für Wasserdampf durchlässige Membran verwenden, sind bekannt. So erläutert DE 10 2008 038 557 A1 die Nachteile der bekannten Luftbefeuchter und schlägt einen Luftbefeuchter mit einer Trennmembran vor, insbesondere mit einer Trennmembran aus einem hydrophoben Material wie Polypropylen (PP) oder Polytetrafluorethylen (PTFE). Es wird vorgeschlagen, die Befeuchtungsleistung durch die Temperatur des die Membran auf einer Seite beaufschlagenden Wassers zu regulieren. Als Wassertemperatur wird der Bereich von 10 bis 60°C insbesondere 15 bis 35°C vorgeschlagen. Weitere Luftbefeuchtungsvorrichtungen mit einer Membran sind in US 2005/0252982 A1 und WO 88/06912 gezeigt. DE 10 2012 008 197 A1 zeigt einen speziellen Membranaufbau mit Taschen aus Membranmaterial. Es zeigt sich, dass an der Membran eine starke Abkühlung des Wassers durch die zur Verdunstung notwendige Energie erfolgt, die den Betrieb solcher Luftbefeuchtungsvorrichtungen mit niedrigen Wassertemperaturen ineffizient macht. Es wird daher in der Praxis eine relativ hohe Wassertemperatur benötigt, um eine gute Befeuchtungsleistung zu erzielen und eine Abkühlung des Wassers in einen zu tiefen Bereich zu vermeiden.

Darstellung der Erfindung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, Membranelemente zur Bereitstellung einer Membran für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung zu schaffen. Diese Aufgabe wird durch ein Membranelement nach Anspruch 1 gelöst und wird durch die aus solchen Elementen gebildete Membran gelöst.

[0004] Ein weiteres Membranelement wird mit den Merkmalen von Anspruch 12 definiert sowie mit dem Verfahren zu dessen Herstellung nach Anspruch 17. Das Einbringen der Membran direkt in die Stege schafft eine sehr gute Dichtigkeit der Membranelemente und eine kostengünstige Herstellung.

[0005] Vorteilhafterweise wird die Flachmembran verstärkt, was einerseits durch Auflaminieren der Membran mit einem Teil ihrer wasserseitigen Fläche auf eine dünne innere Stützstruktur der Flachmembran erreicht wird. Eine separate äussere Stützstruktur kann bevorzugt ebenfalls vorgesehen sein.

[0006] Wird eine Luftbefeuchtungsvorrichtung mit ei-

ner vorzugsweise hydrophoben Membran, welche wasserundurchlässig aber wasserdampfdurchlässig ist, so betrieben, dass der an der Membran vorbeiströmende Wassermassenstrom in kg/h um einen Faktor X grösser gewählt wird als der in dem Luftkanal aus der Membran austretende Wasserdampfmassenstrom in kg/h, wobei der Faktor X grösser als 5 ist, zeigt es sich, dass die Abkühlung des Wassers an der Membran so gering gehalten werden kann, dass auch mit zu der Membran strömendem Wasser von vergleichsweise niedriger Temperatur eine gute Befeuchtungsleistung erzielt werden kann. Somit kann mit dem Einsatz einer grossen Menge (Masse) pro Zeit von Wasser im Vergleich zu der Menge (Masse) pro Zeit des an die Luft abgegebenen Wasserdampfs der negative Effekt einer zu grossen Abkühlung des Wassers vermieden werden, was auch den praxistauglichen Einsatz von nur mässig erwärmtem Wasser erlaubt. Es ergibt sich ferner eine gute Wärme- und Stoffübertragung und eine gute Vermeidung von Ablagerungen durch die Scherkräfte, die von der hohen Überströmgeschwindigkeit des Wassers erzeugt werden. Damit ergibt sich auch eine präzise Kontrolle der Aufkonzentration von gelösten Stoffen und ggf. Verunreinigungen pro Durchlauf und auch die Bildung eines sogenannten Biofilms, einer Schleimschicht in der Mikroorganismen wie z.B. Bakterien, Algen und Pilze eingebettet sind, kann so wirksam verhindert werden, was einen hygienischen Betrieb erleichtert. Weiter werden lokale Totzonen der Strömung verringert und damit ergibt sich eine homogene Temperatur- und Konzentrationsverteilung über der Oberfläche der Membran. Dies steigert die Befeuchtungsleistung und vermeidet auch lokale Ausfällungen von gelösten Stoffen und allfälligen Verunreinigungen auf der Membran.

[0007] Der gewünschte Wasserdampfmassenstrom kann vorgegeben werden, worauf sich die entsprechende Masse an Wasser ergibt. Der Wasserdampfmassenstrom kann auch auf beliebige bekannte Weise über die Luftmasse und deren Feuchte gemessen werden.

[0008] Dies kann zum Beispiel den Einsatz von Wasser ermöglichen, welches eine ähnliche Temperatur wie die Flüssigkeit in Bodenheizungen aufweist, was es ermöglicht, die Luftbefeuchtungsvorrichtung mit Energie aus einer Bodenheizung zu betreiben, ohne dass die Temperatur des Wassers zusätzlich erhöht werden muss.

[0009] Es zeigt sich, dass ein Faktor von grösser als 10 besonders geeignet ist, insbesondere ein Faktor grösser als 20, insbesondere ein Faktor von grösser als 50 und insbesondere ein Faktor von grösser als 50 bis 250. Die Beschränkung der Grösse des Faktors ergibt sich im Wesentlichen aus praktischen Gründen, da bei einem sehr hohen Faktor der Wassermassenstrom in der Luftbefeuchtungseinrichtung sehr gross wird; in der Regel wird daher ein Faktor grösser als 500 keinen technischen Sinn machen.

[0010] Die Steuerung der Feuchtigkeit kann sowohl nur durch die Wassertemperatur der an der Membran

vorbeifliessenden Wassermasse gesteuert werden, als auch nur durch Einstellung des Faktors X bzw. den Wasserumlaufmassenstrom. Bevorzugt erfolgt eine gekoppelte Steuerung, so dass die Menge des Wasserdampfes pro Zeit bzw. die Feuchte in dem zu befeuchtenden Raum sowohl durch Beeinflussung der Wassertemperatur als auch der Wassermenge pro Zeit bzw. des Faktors X erfolgt. Vorzugsweise ist ferner die Steuerung mit diesen zwei Einflussgrössen abhängig vom Wert der Wassertemperatur. Bei niedriger Wassertemperatur (nur knapp über der Temperatur der zugeführten Luft) ist der Einfluss einer Erhöhung des Wasserumlaufmassenstroms recht gering, da hier der Temperaturabfall im Wasser beim Durchströmen der Membranelemente auch recht gering ist und somit auch die Änderung der mittleren Wassertemperatur an der Membran. Insbesondere kann bei einer geringen Wassertemperatur von kleiner als ca. 25°C die Steuerung wesentlich über eine Beeinflussung (Erhöhung bzw. Verminderung) der Wassertemperatur erfolgen, während bei einer höheren Wassereingangstemperatur von ca. grösser als 40°C die Steuerung wesentlich über die Beeinflussung des Faktors X (Erhöhung oder Verminderung desselben) erfolgt. In dem Temperaturbereich zwischen den genannten Werten erfolgt die Steuerung durch Beeinflussung sowohl der Wassertemperatur als auch des Faktors X. Dies kann eine einfache lineare Abhängigkeit der beiden Beeinflussungen in Abhängigkeit der Temperatur sein. Die genannten Temperaturgrenzen sind nur als Beispiel zu verstehen und diese können insbesondere auch von der jeweiligen Art und Dimensionierung der Membran der Luftbefeuchtungs- vorrichtung abhängen, sind aber für den Fachmann mittels Versuchen einfach ermittelbar. Bevorzugt ist eine an die Wassereintrittstemperatur (zu der Membran) gekoppelte Erhöhung bzw. Verminderung des Umlaufwasser- massenstroms zur Steuerung der Wasserdampfmenge bzw. der Befeuchtungsleistung der Luftbefeuchtungs- vorrichtung. Vorzugsweise wird die Wassermenge mit einem Durchflusssensor gemessen, insbesondere zwischen einer Wasserpumpe der Luftbefeuchtungs- vorrichtung und dem Einlass in den Behälter, der die Membran enthält. Vorzugsweise wird ferner die Temperatur des Wassers gemessen, insbesondere an derselben Stelle, an welcher auch der Wasserdurchfluss gemessen wird.

[0011] Ein wichtiger Aspekt bei der Zuluftbefeuchtung ist die Einhaltung eines hohen Hygienestandards. Während dies bei der Dampfluftbefeuchtung durch die hohe Temperatur des Wasserdampfes gewährleistet wird, erfüllt die Membranbefeuchtung die Hygieneanforderungen aufgrund der folgenden beiden Aspekte: Zum einen ist die Membran bevorzugt hydrophob und damit ist davon auszugehen, dass die im Wasser befindlichen Keime und Mikroorganismen, wie z.B. Bakterien, nicht in direkten Kontakt mit den Mikroporen der Membran kommen und damit auch nicht in den Luftstrom übergehen. Zum anderen liegt auch die (mittlere) Porengrösse der Membran mit 0,05 Mikrometern bis 0,25 Mikrometern, allenfalls bis 0,5 Mikrometern und bevorzugt ca. 0,1 - 0,2 Mi-

krometern in der Regel unterhalb der Grösse der Keime bzw. Mikroorganismen.

[0012] Als Material der Membran kann ein hydrophobes Polymer verwendet werden, wie zum Beispiel Polytetrafluorethylen (PTFE), aber auch Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen (PP) oder Polyurethan (PU) kommen in Frage. Auch andere, nicht-hydrophobe Membranen und Membranen mit hydrophober Oberflächenbeschichtung (Mehrschichtmembranen / asymmetrische Membranen) können verwendet werden.

[0013] Für die Luft- und Wasserführung kann eine Ausführung als Gegenstromanordnung oder als Kreuzstromanordnung oder als Gleichstromanordnung vorgesehen werden. Als nachfolgend genauer beschriebene Ausführung ist auch eine Kreuz-Gegenstrom-Anordnung bevorzugt.

[0014] Bei der Erfindung ist die Membran der Luftbefeuchtungs- vorrichtung aus mehreren Membranelementen gebildet, die jeweils einen aus Rahmenstegen gebildeten Rahmen mit einer Vorderseite und einer Rückseite und Seitenwänden aufweisen. An diesen Rahmen ist das Membranmaterial jeweils mindestens einseitig flächig angeordnet und bevorzugt beidseitig, vorderseitig und rückseitig, flächig angeordnet. Dabei ist das Membranmaterial an den jeweiligen Rahmenflächen der Vorderseite und Rückseite des Rahmens wasserdicht befestigt, so dass innerhalb des Rahmens ein wasserdichter, vom Rahmen und den Membranflächen begrenzter Raum gebildet ist, oder ggf. ein von einer Membranfläche und einer Nichtmembranfläche begrenzter Raum gebildet ist, wenn nur einseitig am Rahmen eine Fläche aus Membranmaterial vorgesehen ist, aus welchem Raum nur der Wasserdampf durch die Membran austreten kann. Der Rahmen weist an Seitenwänden mindestens eine in den Raum führende Öffnung als Wasserzulauf und mindestens eine in den Raum führende Öffnung als Wasserauslass auf. Ferner weist der Rahmen in seinem Inneren mindestens einen Steg, bevorzugt mehrere Stege auf, welche innere Seitenwände des Rahmens verbinden, welche Stege über einen ersten Abschnitt im Wesentlichen dieselbe Dicke D aufweisen wie die Rahmenstege und über einen zweiten Abschnitt ihrer Länge eine geringere Dicke D1 aufweisen als die Rahmenstege. Die Abschnitte mit geringerer Dicke bilden innerhalb des Rahmens Wasserdurchlässe. Die Membranflächen sind an den ersten Abschnitten der Stege wasserdicht befestigt bzw. ggf. ist eine Nichtmembranfläche mit den Stegen wasserdicht verbunden, wenn nur auf einer Seite des Rahmens eine Membranfläche angeordnet und die andere Seite des Rahmens durch eine Nichtmembranfläche verschlossen ist, um den wasserdichten Raum zu bilden.

[0015] Durch diese bevorzugte Ausgestaltung der Membranelemente ergibt sich eine sehr gute Befestigungsmöglichkeit und Stabilität der jeweiligen Membranfläche auf dem Rahmen, indem diese auch an den Stegen befestigt ist. Die wasserdichte Befestigung kann zum Beispiel durch Kunststoffschweissung der Membran und

der aus einem Kunststoff gebildeten Stege erfolgen oder kann durch Laminierung oder Klebung erfolgen.

[0016] Durch die stabile Befestigung wird der Betrieb mit dem grossen Wassermassenstrom auch bei empfindlichen Membranen möglich. Durch die spezielle Anordnung der Stege und die Wasserdurchlässe im Rahmen kann ein gewünschter Strömungsverlauf für das Wasser auf einfache Weise erzielt werden. Bevorzugt ist dabei, dass mindestens ein Steg vorgesehen ist, insbesondere aber, dass mehrere Stege vorgesehen sind, deren erste Abschnitte abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenwänden des Rahmens ausgehend angeordnet sind. Auf diese Weise kann einfach eine Kreuz-Gegenstromanordnung erzielt werden, da der Wasserfluss im Rahmeninneren entsprechend bewirkt wird. Es ergeben sich zudem eine höhere mittlere Strömungsgeschwindigkeit, die Vermeidung oder Verringerung von Totzonen und ein guter Wärme- und Stoffübergang.

[0017] Eine weitere Stabilisierung der Membranelemente bzw. der aus diesen zusammengesetzten Membran ergibt sich, wenn mindestens einige der Stege, insbesondere alle der Stege, mittels im Wesentlichen quer zu den Stegen verlaufende Stützstegen miteinander oder mit einer Seitenwand verbunden sind, wobei die Stützstege die geringere Dicke D1 aufweisen oder eine noch geringere Dicke aufweisen, um den Wasserfluss nicht zu stören.

[0018] Weiter ist es für den Wasserfluss bevorzugt, wenn jeweils bei den Membranelementen bei mindestens einem der Stege, insbesondere bei allen Stegen, das jeweilige Ende des ersten Abschnittes abgerundet ausgebildet ist. Ferner kann das jeweilige Ende des ersten Abschnittes bei mindestens einem der Stege oder bei allen Stegen von der ersten Öffnung, und somit vom Wasserzulauf, weg weisend abgebogen ausgebildet sein. Beide Massnahmen, einzeln oder bevorzugt in Kombination, sind für den Wasserfluss im Rahmen vorteilhaft und vermeiden bzw. verringern Totzonen.

[0019] Bei den Membranelementen können an zweiten Abschnitten geringerer Dicke D1 innerhalb der von diesen gebildeten Wasserdurchlässen Ausformungen vorgesehen sein, welche zusätzliche Flächen zur Befestigung des Membranmaterials oberhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen, um die Membranfläche zu stabilisieren. Insbesondere können beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnittes solche Ausformungen vorgesehen sein, wenn am Rahmen vorderseitig und rückseitig eine Membranfläche befestigt ist.

[0020] Weiter ist es bevorzugt, dass bei den Membranelementen in den Stegen im Bereich ihrer Verbindung mit den Seitenwänden Kanäle vorgesehen sind, deren durchströmbarer Querschnitt um ein Vielfaches kleiner ist als der von den jeweiligen Wasserdurchlässen bereitgestellte Querschnitt für das Wasser. Damit werden Kanäle für eine allfällige Entwässerung der Membranelemente bei abgeschalteter Luftbefeuchtungs Vorrichtung bzw. deren Wassersystem geschaffen, um stehendes Restwasser aus Hygienegründen vermeiden zu können.

Die Kanäle sind aber mit derart geringen Durchmessern ausgeführt, dass im Betrieb den Wasserfluss nicht stören.

[0021] Die Membranelemente sind bevorzugt mit am Rahmen angeordneten Positionierungsmitteln versehen, um mehrere Membranelemente zur Bildung einer grossen Membran als Summe der jeweiligen Membranflächen der Elemente zu verbinden. Dabei sind zwischen den Membranelementen die Luftdurchlässe für die zu befeuchtende Luft gebildet, welche Luft an den einzelnen Membranflächen vorbeiströmt.

[0022] Bei einer anderen beispielsweise Ausführung mit Flachmembran sind in Strömungsrichtung der Luft mindestens zwei wasserdurchflossene, vertikal verlaufende Membrankanäle hintereinander angeordnet. Im Querschnitt über die Kanalbreite wiederholt sich diese Anordnung jeweils getrennt durch einen Luftspalt. In dem in Luftströmungsrichtung betrachtet hinteren Membrankanal fliesst das warme Wasser aus der Wasserführungsanordnung von unten nach oben, d.h. entgegen der Schwerkraft, in einen oberen Verteiltank (header tank) und fliesst von dort weiter in dem vorderen Membrankanal von oben nach unten in den Abfluss oder bevorzugt zurück in einen Rezirkulationskreislauf. Vorteil dieser sich auch bei diesem Beispiel ergebenden sogenannten Kreuz-Gegenstrom-Anordnung ist primär, dass die Differenz des Wasserdampfpartialdruckes zwischen beiden Seiten der Membran (d.h. innerhalb der wasserführenden Seite der Membran zu der Luftseite der Membran) im Mittel grösser ist, als wenn es nur eine Strömungsrichtung auf der wasserführenden Seite gibt, und somit ist auch die gesamte Wasserdampfdiffusion höher. Weiterhin kann es auch als konstruktiver Vorteil gewertet werden, wenn die gesamte Wasserversorgung und die Steuerung auf der Unterseite des Membranbefeuchters angeordnet werden kann.

[0023] Grundsätzlich wird bei dem oben beschriebenen Vorgehen nicht nur - als primär gewünschter Effekt - Wasserdampf zur Befeuchtung durch die Membranwand diffundiert sondern es wird auch gleichzeitig durch die Verdunstung eines kleinen Teils des Wassers zu Wasserdampf innerhalb der Membrankanäle das Wasser sukzessive abgekühlt und gleichzeitig findet auch über die Membranwandung ein Wärmetransport statt.

[0024] Da eine Flachmembran nur über eine geringe Eigenstabilität verfügt, wird sie vorzugsweise verstärkt. Dies kann einerseits durch Befestigung, zum Beispiel durch Befestigen, insbesondere mittels Schweißen oder Laminieren, der Membran mit einem Teil ihrer wasserseitigen Fläche an einer inneren Stützstruktur erfolgen. Somit ist eine innere Stützstruktur im Wasserflussbereich der Membran vorgesehen und wird so ausgeführt, um den Wasserfluss möglichst wenig zu hemmen. Ein bevorzugtes Beispiel von derart ausgeführten Membranelementen zur Bildung der Membran ist vorgängig erläutert worden. Ferner kann aber auch eine äussere Stützstruktur für die Membran im Luftflussbereich vorgesehen sein. An der äusseren Stützstruktur kann die Membran

befestigt sein oder nur lose aufliegen bzw. durch den Wasserdruck angedrückt werden. Vorteile der Flachmembran sind eine einfachere Reinigung und ein geringerer Druckverlust im Luftkanal.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung von Ausführungsformen einer Luftbefeuchtungsvorrichtung gemäss der Erfindung, zur Erläuterung von deren Aufbau und deren Betrieb;

Figur 2 ein Membranelement mit zwei Membranflächen in Draufsicht, wobei die vordere Membranfläche nicht dargestellt ist, so dass das Innere des Membranelements ersichtlich ist;

Figur 3 schaubildlich einen Teil des Membranelements von Figur 2;

Figur 4 schematisch eine andere Anordnung von Membranelementen bei einer mit Flachmembranflächen ausgeführten Membran eines Luftbefeuchters mit einem horizontalen Schnitt durch den Behälter der Luftbefeuchtungsvorrichtung;

Figur 5 eine schematische Darstellung der Membran mit Kapillarmembranflächen anhand eines horizontalen Schnitts durch den Behälter der Luftbefeuchtungsvorrichtung;

Figur 6 schematisch ein Membranelement mit einem Rahmen und einer Membranfläche; und

Figur 7 schematisch einen Schnitt durch einen der Stege von Figur 6 mit der Einbettung der Membranfläche im Kunststoff des Stegs.

Weg(e) zur Ausführung der Erfindung

[0026] Figur 1 zeigt schematisch und als Beispiel eine Luftbefeuchtungsvorrichtung 10, wobei die zu der Vorrichtung gehörenden Teile innerhalb des von der unterbrochenen Linie begrenzten Bereichs dargestellt sind. Die Luftbefeuchtungsvorrichtung 10 ist zum Beispiel in einem Technikraum 11 angeordnet und dient zur Befeuchtung der Luft, die einem Raum zugeführt wird, zum Beispiel dem Wohnraum 22, der nur angedeutet ist. Die Erfindung ist aber generell auf dem Gebiet der Klimatechnik (HVAC) anwendbar.

[0027] Luft, die aus dem Wohnraum 22 abgeführt wird, wird in diesem Beispiel von einem Lüfter 24 über eine Leitung 23 einem Luft-Luft-Wärmetauscher 25 in dem Technikraum 11 zugeführt und gelangt von dort über die Leitung 27 in die Umgebung ausserhalb des Gebäudes, in dem sich der Technikraum und der Wohnraum befinden. Aus der Umgebung über die Leitung 26 eintretende Luft gelangt über den Wärmetauscher 25 und den Lüfter 24' in die Luftbefeuchtungsvorrichtung 10 und von dieser

über die Leitung 28 in den Wohnraum 22. Die Lüfter 24, 24' und damit die Strömungsgeschwindigkeit der Luft hat ebenfalls einen Einfluss auf die Befeuchtungsleistung. Tendenziell erhöht sich die absolute Befeuchtungsleistung in kg/h etwas mit erhöhter Luftgeschwindigkeit. In der Regel sind aber die Lüfter nicht Bestandteil bzw. nicht unter der Kontrolle der Luftbefeuchtungsvorrichtung 10. Der (eher geringe) Einfluss der Lüfter wird daher hier nicht betrachtet.

[0028] Die Luftbefeuchtungsvorrichtung 10 umfasst eine nur schematisch dargestellte Membran 1 mittels welcher der zu befeuchtenden Luft Wasserdampf der Menge M1 pro Stunde (kg/h) zugeführt wird. Die Membran 1 besteht dabei in der Regel aus mehreren Membranelementen bzw. Membranflächen, welche zusammen die Membran mit einer wirksamen Membrangesamtfläche bilden. Auf einer Seite der Membran wird warmes Wasser zugeführt und verdunstendes Wasser kann in der Form von Wasserdampf durch die Membran zu deren anderen Seite gelangen und wird dort von der als Luftstrom an der anderen Seite der Membran vorbeigeführten Luft aufgenommen. Dies ist grundsätzlich bekannt und wurde eingangs erläutert.

[0029] Die Membran 1 ist in einem Behälter 2 angeordnet, welcher die Membranelemente bzw. die einzelnen Membranflächen enthält, die zusammen die Membran bilden. Diese können insbesondere flächige Elemente, wie ebenfalls bereits erläutert. In dem Behälter sind die die Membran 1 bildenden Membranelemente so angeordnet und ausgeführt, dass auf deren einen Seite das Wasser vorbeiströmt und auf deren anderen Seite die zu befeuchtende Luft. Der Behälter weist dazu einen Eingang 3 und einen Ausgang 3' für den Luftstrom auf sowie einen Einlass 4 für das warme Wasser und einen Auslass 4' für das weniger warme Wasser, welches durch die benötigte Verdunstungsenergie eine geringere Temperatur aufweist als das beim Einlass 4 in den Behälter eingetretene Wasser. Die Ein- und Ausgänge für die Luft und die Ein- und Auslässe für das Wasser sind in der Figur nur angedeutet, es ist dem Fachmann bekannt, wie solche Ein- und Ausgänge bzw. Anschlüsse für Luft- und Wasserleitungen ausgestaltet werden.

[0030] Die Luftbefeuchtungsvorrichtung weist eine Wasserführungsanordnung auf, womit die Gesamtheit der Leitungen, Wasserbehälter, Ventil- und Pumpmittel bezeichnet sein soll, die dazu dienen, das zur Befeuchtung dienende Wasser in den Behälter 2 und somit zur Membran 1 zu führen und das aus dem Behälter 2 austretende Wasser wieder aufzunehmen. Bevorzugt weist die Wasserführungsanordnung einen Wasserkreislauf auf, so dass aus dem Behälter 2 austretendes Wasser erneut in den Behälter eintreten kann. Dazwischen liegt mindestens ein Schritt des Erwärmens des Wassers, damit dieses wieder genug Energie zur Verdunstung eines Teils des Wassers an der Membran enthält.

[0031] In dem gezeigten Beispiel gelangt das beim Auslass 4' aus dem Behälter 2 austretende Wasser über eine Leitung 4'' und Elemente 30 und 31, die fakultativ

sind und später erläutert werden, mittels der Leitung 5 in einen Wasserbehälter bzw. Tank 6 und von dort über eine Pumpe 7 in die Leitung 8, die das Wasser wieder dem Behälter 2 und damit der Membran 1 zuführt. Vorzugsweise ist ein Sensor 33 vorgesehen, der ein Ausgangssignal abgibt, das ein Mass für die Konzentration der im Wasser gelösten Stoffe abgibt. So kann zwischen dem Tank 6 und der Pumpe 8 ein Leitfähigkeitssensor als Sensor 33 in der Leitung eingebracht sein, der als Messwert die Leitfähigkeit des Wassers ausgibt, welches ein Mass für die Konzentration der gelösten Stoffe im Wasser darstellt, welcher Messwert an die Steueranordnung 35 übermittelt wird. Bei einem hohen Leitfähigkeitswert, welcher über einem geeigneten, vorher festgelegten Grenzwert liegt, gibt die Steuereinheit ein Steuersignal zum Abschlämmen von Wasser mit hoher Konzentration an gelösten Stoffen an das Abschlammventil 34. Der Tank 6 ist bevorzugt vorhanden, um eine genügende Wassermenge auf einfache Weise bereitstellen zu können. Ferner erlaubt der Tank es auf einfache Weise die Wassermenge im System festzulegen und das System grundsätzlich drucklos zu halten. Ferner erlaubt ein Tank, wie erwähnt, das Abführen der sich im Wasser anreichernden Mineralien, indem Wasser mit vergleichsweise hoher Konzentration an gelösten Stoffen abgelassen und durch Frischwasser mit geringerer Konzentration an gelösten Stoffen ersetzt wird. Dieser Vorgang wird in der Fachsprache häufig als "Abschlammung" bezeichnet. Sofern eine hinreichend grosse Leitungslänge in Kauf genommen wird, kann auf den Tank verzichtet werden, die Wassermenge für den Betrieb der Vorrichtung ist dann in den Leitungssträngen der Wasserführungsanordnung vorhanden.

[0032] Bevorzugt ist mindestens ein Sensor vorgesehen, der die Wassertemperatur in der Wasserführungsanordnung ermittelt. Bevorzugt ist ein Sensor 33', der die Wassertemperatur an einer Stelle zwischen der Pumpe 7 und der Membran ermittelt. Der von diesem Sensor ermittelte Wassertemperaturwert wird bevorzugt zur Steueranordnung übertragen. Die Steueranordnung kann diesen Temperaturwert verwenden, um die Beeinflussung der Wasserdampferzeugung mittels einer Erhöhung oder Verminderung der Wassertemperatur und/oder mittels Erhöhung oder Verminderung des Faktors X durchzuführen, was eingangs als bevorzugtes Vorgehen beschrieben worden ist. Weiter ist bevorzugt ein Sensor vorgesehen, beispielhaft der Sensor 33", welcher den Wassermassenstrom im Kreislauf ermittelt und welcher bevorzugt den Durchflusswert des Wassers an die Steueranordnung überträgt, was zu einer kontrollierten Einstellung des Faktors X führt. Als bevorzugte Ausführung ist der Sensor ein kombinierter Temperatur- und Durchflusssensor.

[0033] Die Erwärmung des Wassers erfolgt mit einer Heizeinrichtung, die auf beliebige bekannte Weise das Wasser erwärmen kann. Ein Beispiel ist eine elektrische Wasserheizung 32, die vorzugsweise im Tank 6 angeordnet ist aber auch an anderer Stelle in der Wasserfüh-

rungsanordnung vorhanden sein könnte. Diese Heizeinrichtung kann elektrisch oder auf andere bekannte Weise betrieben werden. Die Heizeinrichtung kann als weiteres Mittel einen Fluid-Fluid-Wärmetauscher und insbesondere einen Wasser-Wasser-Wärmetauscher 31 umfassen, dies anstelle der Wasserheizung 32 oder zusätzlich zu dieser. Mit dem Wärmetauscher 31 wird vorzugsweise dem Wasserkreislauf in einer Bodenheizung des Gebäudes und besonders bevorzugt dem Wasserkreislauf der Bodenheizung des Raums 2 Wärme entzogen, um das Wasser in der Wasserführungsanordnung des Luftbefeuchtungsvorrichtung 10 zu erwärmen.

[0034] Da während der Befeuchtung mittels der Membran 1 Wasser aus der Wasserführungsanordnung entzogen wird, ist vorzugsweise ein Mittel vorgesehen, um der Wasserführungsanordnung kontinuierlich oder diskontinuierlich aus einer zur Vorrichtung 10 externen Wasserquelle Wasser zuzuführen. Dies ist in der schematischen Ansicht von Figur 1 mit dem schematisch gezeigten Wasseranschluss 9 und dem Ventil 9' und der Leitung 9" gezeigt, womit Wasser von einer externen Wasserquelle über den Sammler 30 zu dem Wasser hinzugefügt werden kann, das über den Auslass 4' und die Leitung 4" aus dem Behälter 2 austritt. Dies ist nur grob schematisch dargestellt, dem Fachmann ist aber bekannt, wie er die beiden Wasserleitungen 4" und 9" zu der Leitung 5 vereinen kann. Das Ventil 9' wird von der Steueranordnung 35 der Luftbefeuchtungsvorrichtung betätigt, was noch erläutert wird. Zu diesem Zweck ist das Ventil 9' ein elektrisch steuerbares Ventil, welches über eine nicht dargestellte elektrische Steuerleitung mit der Steueranordnung 35 verbunden ist.

[0035] Der Wassertank weist bevorzugt ein Element auf, das den Füllstand des Tanks ermittelt und das vorzugsweise mit der Steuerung verbunden ist. Vorzugsweise ist dies ein schematisch dargestellter Schwimmer dessen Position als Füllstandskontrolle dient und dieser Schwimmer kann mit der Steueranordnung verbunden sein, so dass die Steueranordnung über den Schwimmerstand eine Angabe über die Wassermenge in der Wasserführungsanordnung ableiten kann. Der Tank 6 ist mit einem Ablauf versehen, insbesondere zur sogenannten Abschlammung. Eine Aufmineralisierung des Wassers im Tank, bzw. im Extremfall eine Schlammabildung am Tankboden, kann insbesondere bei der Verwendung von Leitungswasser im Wasserkreislauf erfolgen und über einen offenbaren Ablauf können solche Stoffkonzentrationen entfernt werden, worauf der Ablauf wieder geschlossen wird. Der Ablauf kann über ein steuerbares Ventil auch dann aktiviert werden, wenn Wartungs- oder Reinigungsarbeiten ein Entleeren des Tanks und ggf. der ganzen Wasserführungsanordnung nötig machen.

[0036] Die Steueranordnung kann mittels eines Rechner oder einer industriellen Steuerung auf eine dem Fachmann bekannte Weise ausgeführt werden. Die Steuerung erhält zum Beispiel über eine Signalleitung 36 und einen Sensor 37 eine Information, die über die

Menge des Wasserdampfmassenstroms am Ausgang des Behälters 2 Auskunft gibt, und somit eine Information über die Menge Wasserdampf pro Zeit, die dem Raum 22 zugeführt wird. Sie kann dies mit der Information über die Sollfeuchte im Raum vergleichen und damit die Anforderung an die Menge Wasserdampf pro Zeit festlegen. Auch die alleinige Angabe der Sollfeuchte kann genügen, da bei gegebener Raumgrösse grundsätzlich bekannt ist, wieviel Wasserdampf pro Zeiteinheit benötigt wird. Die Sollfeuchte kann an der Steueranordnung oder über ein damit verbundenes separates Einstellglied eingestellt werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Istfeuchte im Raum von mindestens einem Feuchtesensor festgestellt und an die Steueranordnung übermittelt wird. Diese Mittel sind hier nicht dargestellt, sind dem Fachmann aber bekannt und müssen hier nicht weiter erläutert werden. Die Steueranordnung sorgt mit dieser Information für die Zufuhr von genügend Feuchtigkeit in den Raum. Den Luftstrom in den Raum kann die Steueranordnung oder üblicherweise eine separate Steueranordnung des sog. Lüftungsgeräts insbesondere über die Steuerung der Lüfter 24 und 24' steuern. Dies wird hier nicht weiter erläutert.

[0037] Die Steueranordnung stellt den Wassermassenstrom durch den Behälter 2 pro Zeit so ein, dass der Wassermassenstrom (der zum Beispiel ebenfalls in kg/h bestimmt ist) mindestens um den Faktor 5 grösser ist als der Wasserdampfmassenstrom. Dazu kann die Steueranordnung die Information aus dem erwähnten Durchflussmesser verwenden und die Pumpe 7 entsprechend steuern.

[0038] Bevorzugt ist der Faktor grösser als 10 und besonders ist der Faktor grösser als 20 und besonders ist der Faktor grösser als 50. Insbesondere wird der Faktor im Bereich von 20 bis 250 eingestellt.

[0039] Mit dem Faktor kann sichergestellt werden, dass auch mit wenig warmen Wasser, zum Beispiel mit einer Temperatur von nur 25 Grad Celsius und insbesondere bevorzugt im Bereich von 20 Grad Celsius bis 60 Grad Celsius und insbesondere im Bereich von 25 Grad Celsius bis 45 Grad Celsius ein sicherer Betrieb der Luftbefeuchtungsvorrichtung möglich ist. Die Steueranordnung 35 ist zu diesem Zweck mittels einer Steuerleitung 38 mit der Wasserführungsanordnung verbunden und kann damit, wie erwähnt, insbesondere die Pumpe 7 steuern, welcher die Menge Wasser pro Zeit fördert, die zur Einhaltung des Faktors benötigt wird. Die Steueranordnung steuert auch die erläuterten Ventile und erhält Information über den Wasserstand und die Wassertemperatur. Sie steuert ebenfalls die Heizung des Wassers. Alle diese Steuersignale und Rückmeldungssignale von (zum Teil nicht dargestellten Sensoren) sind in der Figur 1 zu deren Vereinfachung in der Steuerleitung 38 zusammengefasst.

[0040] Der Behälter 2 kann - anders als in der schematischen Figur 1 dargestellt, vertikal bzw. so angeordnet, dass das Wasser von unten nach oben bzw. entgegen der Schwerkraft durch den Behälter fliesst, was die

Kontrolle über den Wasserfluss erleichtert.

[0041] Anhand der Figuren 2 und 3 wird ein bevorzugtes Membranelement 60 beschrieben. Mindestens ein solches Membranelement und in der Regel mehrere solche Membranelemente 60 bilden zusammen die Membran 1 im Behälter 2. Das Membranelement gemäss dieser bevorzugten Ausführung weist einen Rahmen 65 auf, der im gezeigten Beispiel rechteckig ist und die Rahmenstege 61, 62, 63 und 64 aufweist. Die Stege weisen eine Stegbreite B (die nicht für alle Stege gleich sein muss), eine Stegdicke D und eine Länge auf, wobei im Falle eines rechteckigen Rahmens 65 jeweils gegenüberliegende Stege 61 und 63 bzw. 62 und 64 dieselbe Länge aufweisen. Bei diesem Membranelement 60 sind zwei Membranflächen M vorgesehen, welche einander durch die Stegdicke D beabstandet gegenüberliegen. In den Figuren 2 und 3 ist jeweils nur die in der Figur hintere Membranfläche M aus dem Membranmaterial gezeigt und die vordere Membranfläche ist nicht dargestellt, damit der Rahmen und das Innere des Membranelements ersichtlich sind. Beide Membranflächen M begrenzen zusammen mit dem Rahmen den Innenraum des Membranelements 60, in welchem das Wasser strömt. Bei einer Ausführungsform kann auch nur eine Seite des Rahmens mit einer Membranfläche versehen sein und auf der anderen Seite des Rahmens ist ein nicht aus Membranmaterial bestehender Deckel vorgesehen.

[0042] Als Membranmaterial sind die vorgenannt als Beispiel erwähnten Materialien auch bei diesem Ausführungsbeispiel bevorzugt. Die Befestigung der jeweiligen Membranfläche M erfolgt in diesem Beispiel an den Aussenseiten der Rahmenstege, welche Aussenseiten die Breite B oder voneinander verschiedene Breiten B aufweisen. An diesen Aussenseiten ist die jeweilige Membranfläche aufliegend auf der jeweiligen Aussenseite befestigt. Bevorzugt ist das Material der Stege des Rahmens 65 ein Kunststoffmaterial, welches es erlaubt, die Membranflächen M entlang der Rahmenstege wasserdicht und stoffschlüssig durch Kunststoffschweissung am Rahmen zu befestigen bzw. durch Auflaminieren des Membranmaterials auf den Rahmenstegen am Rahmen zu befestigen. Anstelle oder zusätzlich zu einer Schweissung könnte auch eine Klebung vorgesehen werden, zum Beispiel mittels eines Heissklebers.

[0043] An den Seitenwänden weist der Rahmen mindestens eine erste Öffnung 70 als Wasserzulauf und mindestens eine zweite Öffnung 71 als Wasserauslass auf. Die Öffnung 70 steht mit der Leitung 8 bzw. dem Einlass 4 von Figur 1 in Verbindung und die Öffnung 71 steht mit dem Auslass 4' von Figur 1 in Verbindung, wobei dies für eine aus mehreren Membranelementen gebildete Membran für alle entsprechenden Öffnungen 70 und 71 der Rahmen 65 gilt, welche über Verteiler an die gemeinsame Leitung angeschlossen sind.

[0044] In seinem Inneren weist der Rahmen mindestens einen Steg 67 auf. Bevorzugt weist der Rahmen mehrere Stege 67 auf, im gezeigten Beispiel sind acht Stege 67 vorgesehen. Der Steg verbindet, bzw. diese

Stege verbinden, innere Seitenwände des Rahmens, im gezeigten Beispiel die inneren Seitenwände 62" und 64", da die Stege 67 in diesem Beispiel die Rahmenstege 62 und 64 verbinden. Die Stege 67 weisen jeweils über einen ersten Abschnitt 68 im Wesentlichen dieselbe Dicke D auf, wie die Rahmenstege 61 bis 64, so dass die Membranfläche M des jeweiligen Membranelements sowohl auf den Rahmenstegen als auch auf den Stegen 67 aufliegt und auch an den Stegen 67 an deren ersten Abschnitten 68 befestigt werden kann. Dies erfolgt in der Regel auf dieselbe Weise wie die Befestigung an den Rahmenstegen, also durch Schweissung oder durch Laminieren oder durch Klebung oder durch eine Kombination dieser Befestigungsmöglichkeiten. Auch an den Stegen 67 wird die Membran wasserdicht befestigt, so dass das Wasser an diesen Stellen bzw. im Bereich der Abschnitte 68 nicht zwischen Membran und Steg hindurchströmt. Hingegen weisen die Stege 67 jeweils einen zweiten Abschnitt 69 ihrer Länge auf in welchem die Stege eine geringere Dicke D1 als die Rahmenstege aufweisen. An diesen Abschnitten 69, welche gegenüber den Aussenseiten der Rahmenstege und gegenüber den Abschnitten 68 in Richtung auf das Rahmeninnere zurückversetzt sind, ist das Membranmaterial M nicht befestigt. Die zurückversetzten Abschnitte bilden im Vergleich mit den Abschnitten 68, welche die Strömung blockieren, im Gegenteil Durchlässe für das Wasser, durch welche das Wasser auf seinem Weg vom Wassereinlass 70 zum Wasserauslass 71 hindurchströmen kann. Somit kann durch die Anordnung der Stege 67 ein Pfad für das Wasser innerhalb des Membranelements 60 vorgegeben werden, wobei das Wasser dabei an der Innenseite des Rahmens bzw. im Innenraum 66 an den Innenseiten der Membranflächen M vorbeiströmt.

[0045] Bevorzugt sind die Stege 67 im Rahmen so angeordnet, dass sie mit ihren dickeren Abschnitten abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenwänden 62", 64" des Rahmens ausgehend angeordnet sind, um für das Wasser einen mäanderartigen Pfad bzw. für das Wasser und die Luftströmung eine Kreuz-Gegenstromanordnung zu bilden, wie dies in Figur 2 mit den Pfeilen F für die Wasserrichtungen angedeutet ist, während der Pfeil L die Richtung der durch den Behälter 1 strömenden Luft angibt, die an den äusseren Membranflächen der Membranelemente bzw. ausserhalb der Rahmen an diesen vorbeiströmt.

[0046] Es kann vorgesehen sein und ist im Beispiel so gezeigt, dass an zweiten Abschnitten 69 geringerer Dicke D1 der Stege innerhalb der von diesen gebildeten Wasserdurchlässe Ausformungen 56 an den Stegen vorgesehen sind, welche eine Fläche zur Befestigung des Membranmaterials auch innerhalb bzw. oberhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen. Die Flächen dieser Ausformungen 56 sind vorzugsweise wieder so angeordnet, dass sich dort wieder die Rahmendicke D ergibt, so dass die Membranflächen M auch an diesen Flächen 56 befestigt werden können. Trotz diesen Ausformungen kann das Wasser durch die Durchlässe bei den zweiten Ab-

schnitten 69 der Stege strömen. Die Ausformungen 56 ergeben aber eine weitere Stabilisierung der Membranfläche, so dass diese dem Druck und der Strömung des Wassers im Membranelement standhalten kann. Bei beidseits am Rahmen vorhandenen Membranflächen ist vorzugsweise beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnitts 69 eine Ausformung 56 vorgesehen. Auch damit können Wirbel- und Totzonen verhindert oder verringert werden.

[0047] Zur Stabilisierung der Stege 67 und damit zur Verminderung der Belastung der an den Abschnitten 68 und ggf. Flächen 56, der Stege befestigten Membranflächen M, ist es bevorzugt, dass Stege 67 mittels im Wesentlichen quer zu den Stegen oder ggf. schräg zu den Stegen verlaufenden Stützstegen 59 miteinander oder mit einer Seitenwand 61", 63" verbunden sind, wobei die Stützstege 59 die geringere Dicke D1 oder bevorzugt eine noch geringere Dicke aufweisen, um die Wasserströmung nur wenig zu behindern.

[0048] Zur Beeinflussung der Wasserströmung kann es ferner vorgesehen sein, dass bei mindestens einem der Stege 67 das Ende 58 des ersten Abschnittes 68 abgerundet ausgebildet ist, wie dies in den Figuren 2 und 3 bei allen Stegen gezeigt ist. Zusätzlich oder als alleinige Massnahme kann es vorgesehen sein, dass bei mindestens einem der Stege 67 das Ende 58 des ersten Abschnittes 68 von der ersten Öffnung 71 weg weisend abgebogen ausgebildet ist, wie das in den Figuren 2 und 3 bei allen Stegen dargestellt ist. Zur Beeinflussung der Strömung im Rahmen kann ferner an der inneren Seitenwand benachbart zur der den Wassereinlass bildenden Öffnung eine Ausformung vorgesehen sein, wie in Figur 2 und Figur 3 dargestellt.

[0049] Weiter können in den Stegen 67 im Bereich ihrer Verbindung mit den Seitenwänden Kanäle 55 vorgesehen sind (von denen nicht alle in der Figur mit 55 bezeichnet sind), deren durchströmbarer Querschnitt um ein Vielfaches kleiner ist als der von den jeweiligen Wasserdurchlässen bereitgestellter Querschnitt für das Wasser. Diese Kanäle erleichtern die Entwässerung der Membranelemente bzw. der Membran bei abgeschaltetem Hydrauliksystem der Luftbefeuchtungsvorrichtung bzw. wenn diese ausser Betrieb ist und erlauben es somit unter dem Hygieneaspekt unerwünschtes Restwasser zu vermeiden.

[0050] Damit die Vielzahl der Membranelemente auf einfache Weise in definierter Lage verbunden werden können, sind ferner am Rahmen angeordnete Positionierungsmittel 73 bevorzugt, wodurch auch die Bildung einer Membran erleichtert wird, bei welcher zwischen den Membranelementen gleichmässige Luftdurchlässe gebildet sind.

[0051] Bei einem nur sehr vereinfacht dargestellten weiteren Ausführungsbeispiel einer Membran mit Membranelementen ist mit Figur 4 grob schematisch ein Horizontalschnitt durch einen vertikal angeordneten Behälter 2 gezeigt, dessen Behälterwand nur mit unterbrochenen Linien angedeutet ist. In dem Behälter sind Memb-

ranelemente 41 angeordnet, in denen das Wasser fliesst. Zusammen bilden die Membranelemente 41 die gesamte Membran 1. Es sind in diesem Beispiel unten im Behälter angeordnete Membranelemente 41 dargestellt, in denen das in den Behälter eingeführte Wasser (über den Einlass 4 von Figur 1) im Behälter nach oben fliesst und oben im Behälter dargestellte Membranelemente 41, in denen das Wasser wieder nach unten zum Auslass des Behälters fliesst (Auslass 4' in Figur 1). Durch die Zwischenräume 45 zwischen den Membranelementen wird die Luft geführt, was mit dem Pfeil L angedeutet ist, die den aus den Membranelementen 41 austretenden Wasserdampf aufnimmt.

[0052] Figur 5 zeigt einen schematischen Horizontalschnitt durch einen Behälter 2, dessen Behälterwand nur mit unterbrochenen Linien angedeutet ist, in welchem Behälter die nicht erfindungsgemässe Membran von einer Vielzahl von in Reihen angeordneten zylindrischen Membranelementen 40 gebildet sind, die zusammen die Membran bilden (es sind nur zwei Reihen dargestellt, die anderen Reihen sind nur mit strichpunktierten Linien angedeutet). In den zylindrischen Membranelementen 40 fliesst das Wasser und die Luft wird gemäss Pfeil L durch die Zwischenräume 45 geführt, um die Luft zu befeuchten.

[0053] Figur 6 zeigt schematisch einen Rahmen 42 in welchem ein flächiges Membranteil M aus dem vorgenannten Membranmaterial eingespannt ist. Ein solches Element 41' bildet mit einem zweiten derartigen Element oder mit einer geschlossenen Rückwand ein Membranelement, in dem ein von dem Membranelement begrenzter Raum für das Wasser gebildet wird. In diesem Raum befindet sich in der Regel ebenfalls eine - hier nicht dargestellte - Stützstruktur für die Membranfläche, auf welcher die wasserseitige Membranfläche mit einem Teil ihrer Fläche befestigt ist, insbesondere angeschweisst oder auflaminiert ist. Die Stützstruktur ist so ausgebildet, dass sie den Wasserfluss ermöglicht bzw. möglichst wenig hemmt. Anstelle der gezeigten Einspannung im Rahmen kann die Membran auch aussen auf den Rahmenstegen befestigt sein, insbesondere durch Schweissen oder Laminiieren oder Kleben.

[0054] Gemäss einem Aspekt der Erfindung ist ein Membranelement für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung, insbesondere für die vorbeschriebene Luftbefeuchtungsvorrichtung so gebildet, dass das Membranmaterial M der Membrananordnung ein mikroporöses Material ist und bevorzugt ein hydrophobes mikroporöses Material ist. Insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern und insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.05 bis 0.25 Mikrometern ist, und insbesondere mit einem Porendurchmesser im Bereich von 0.1 bis 0.2 Mikrometern ist. Das mikroporöse Material ist aus einem, vorzugsweise hydrophoben, Polymer gebildet, zum Beispiel aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen (PP) oder Polyurethan (PU). Das Membranmaterial M ist flä-

chig angeordnet und mit seinem Rand 44 in einem Spannrahmen 42 befestigt, zum Beispiel in einem quadratischen oder rechteckigen Spannrahmen 42, wobei die Rahmenstege über ihren Querschnitt gesehen mindestens teilweise aus einem spritzgiessbaren Kunststoff gebildet sind und das Membranmaterial an den Stegen befestigt ist, indem es mit seinen Randbereichen von dem Kunststoff umgeben ist. Figur 7, die einen Schnitt durch den Rahmen und das Membranmaterial entlang der Linie A - A von Figur 6 darstellt, zeigt, dass der Rand des flächigen Teils 40 des Membranmaterials in dem Rand eingebettet ist. Bevorzugt erfolgt die Herstellung einer solchen Membrananordnung derart, dass die Rahmenstege über ihren Querschnitt gesehen mindestens teilweise aus einem Kunststoff spritzgegossen werden, wobei die Membran in den Stegen befestigt wird, indem sie mit ihren Randbereichen 44 direkt beim Spritzgiessprozess in die Rahmenstege eingegossen wird. In den Rahmenstegen kann eine Verstärkung 43 aus einem anderen Material als dem Kunststoffstegmaterial vorgesehen sein. Wie erwähnt, kann eine Membran aber auch aussen auf dem Steg befestigt sein anstelle der gezeigten Befestigung um Steg, insbesondere ein Aufschweissen oder ein Ankleben an dem Steg.

[0055] Es kann ferner vorgesehen sein, dass die Membranfläche durch eine äussere Stützstruktur aus einem zum Membranmaterial unterschiedlichen Material verstärkt ist, oder dass die Membranfläche durch eine äussere Stützstruktur aus demselben Material wie die Membranfläche verstärkt ist. Dabei kann die Membranfläche auf die Stützstruktur auflaminiert werden, oder die Membranfläche kann auf einer solchen Stützstruktur lose aufliegen. In der Figur ist die Stützstruktur nicht dargestellt. Sie kann ebenfalls stegförmig sein und zum Beispiel ein Gitter bilden. Eine solche Stützstruktur kann ferner zur Herbeiführung einer turbulenten Luftströmung über der Membran dienen. Davon zu unterscheiden ist die bereits erwähnte innere Stützstruktur auf der Wasserflussseite. **[0056]** Während in der vorliegenden Anmeldung bevorzugte Ausführungen der Erfindung beschrieben sind, ist klar darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist und in auch anderer Weise innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche ausgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Membranelement (60) für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung, wobei das Membranmaterial des Membranelements ein mikroporöses Material ist, welches bevorzugt hydrophob ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Membranelement einen aus Rahmenstegen (61 bis 64) gebildeten Rahmen (65) mit einer Vorderseite und einer Rückseite und Seitenwänden aufweist, an welchem Rahmen das Membranmaterial mindesten einseitig flächig angeordnet ist, und an welchem Rahmen das Membranmaterial bevor-

- zugt beidseitig, vorderseitig und rückseitig, flächig angeordnet ist, und wobei das Membranmaterial an den jeweiligen Rahmenflächen der Vorderseite und Rückseite des Rahmens wasserdicht befestigt ist, so dass innerhalb des Rahmens ein wasserdichter aber für Wasserdampf durchlässiger, vom Rahmen und den Membranflächen begrenzter Raum gebildet ist, oder ggf. ein von einer Membranfläche und einer Nichtmembranfläche begrenzter Raum gebildet ist, wobei der Rahmen an Seitenwänden mindestens eine erste Öffnung (70) als Wasserzulauf und mindestens eine zweite Öffnung (71) als Wasserauslass aufweist, und wobei der Rahmen in seinem Inneren mindestens einen Steg (67) aufweist, welcher innere Seitenwände des Rahmens verbindet, welcher Steg über einen ersten Abschnitt (68) im Wesentlichen dieselbe Dicke (D) aufweist wie die Rahmenstege und über einen zweiten Abschnitt (69) seiner Länge eine geringere Dicke (D1) als die Rahmenstege aufweist, welcher Abschnitt (69) mit geringerer Dicke innerhalb des Rahmens einen Wasserdurchlass bildet und wobei die Membranflächen an dem ersten Abschnitt des Stegs wasserdicht befestigt sind bzw. ggf. eine Nichtmembranfläche mit dem Steg wasserdicht verbunden ist.
2. Membranelement nach Anspruch 1, wobei mehrere Stege (67) vorgesehen sind, deren erste Abschnitte (68) abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenwänden (62" und 64") des Rahmens ausgehend angeordnet sind.
 3. Membranelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Steg oder die Stege (67) mittels im Wesentlichen quer zu den Stegen oder ggf. schräg zu den Stegen verlaufenden Stützstegen (59) miteinander oder mit einer Seitenwand (61"; 63") verbunden sind, wobei die Stützstege (59) die geringere Dicke (D1) oder eine noch geringere Dicke aufweisen.
 4. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei bei dem Steg oder mindestens einem der Stege (67) das Ende (58) des ersten Abschnittes (68) abgerundet ausgebildet ist.
 5. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei bei dem Steg oder mindestens einem der Stege (67) das Ende (58) des ersten Abschnittes (68) von der ersten Öffnung (71) wegweisend abgebogen ausgebildet ist.
 6. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei an der inneren Seitenwand benachbart zur der den Wassereinlass bildenden Öffnung eine Ausformung vorgesehen ist.
 7. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Membranelement an zweiten Abschnitt (69) geringerer Dicke (D1) innerhalb der von diesen Abschnitten geringerer Dicke gebildeten Wasserdurchlässen Ausformungen (56) aufweisen, welche eine Fläche zur Befestigung des Membranmaterials innerhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen, insbesondere, dass jeweils beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnitts eine Ausformung (56) vorgesehen ist.
 8. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei in den Stegen (67) im Bereich ihrer Verbindung mit den Seitenwänden Kanäle (55) vorgesehen sind, deren durchströmbarer Querschnitt um ein Vielfaches kleiner ist, als der von den jeweiligen Wasserdurchlässen bereitgestellte Querschnitt für den Wasserdurchfluss.
 9. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Membranelement am Rahmen angeordnete Positionierungsmittel (73) aufweist, um mehrere Membranelemente zu einer Membran zu verbinden, bei welcher Membran zwischen den Membranelementen Luftdurchlässe gebildet sind.
 10. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Membranmaterial (M) ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern ist, insbesondere im Bereich von 0.05 bis 0.25 Mikrometern ist, und insbesondere ein Membranmaterial mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.1 bis 0.2 Mikrometern ist, wobei das Membranmaterial ein Polymer ist, und wobei das Membranmaterial bevorzugt ein hydrophobes Polymer ist, und wobei das Membranmaterial insbesondere aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen (PP) oder Polyurethan (PU) gebildet ist.
 11. Membranelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Membranflächen durch eine äussere Stützstruktur aus einem zum Membranmaterial unterschiedlichen Material verstärkt sind, oder dass die Membranflächen durch eine Stützstruktur aus demselben Material wie das Membranmaterial verstärkt sind.
 12. Membranelement für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung, wobei das Membranmaterial (M) des Membranelements ein bevorzugt hydrophobes, mikroporöses Material ist, insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich 0.05 bis 0.5 Mikrometern ist, insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.05 bis 0.25 Mikrometern ist, und insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.1 bis 0.2 Mikrometern ist, und wobei das Material insbesondere aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen

(PP) oder Polyurethan (PU) gebildet ist, wobei das Membranmaterial flächig angeordnet ist und mit seinem Rand (44) in einem Spannrahmen (42) befestigt ist, wobei die Rahmenstege über ihren Querschnitt gesehen mindestens teilweise aus einem spritzgießbaren Kunststoff gebildet sind, und wobei das Membranmaterial an den Stegen befestigt ist, indem es mit seinen Randbereichen von dem Kunststoff umgeben ist, oder dass das Membranmaterial mit seinem Rand an der Aussenseite eines Spannrahmens aufliegend an diesem durch Schweissung oder Laminierung oder Klebung befestigt ist.

5

10

13. Membranelement nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche durch eine äussere Stützstruktur aus einem zum Membranmaterial unterschiedlichen Material verstärkt ist, oder dass die Membranfläche durch eine Stützstruktur aus demselben Material wie das Membranmaterial verstärkt ist.

15

20

14. Membranelement nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran auf die äussere Stützstruktur auflaminiert ist, oder, dass die Membran auf einer äusseren Stützstruktur lose aufliegt.

25

15. Membranelement nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das Membranelement eine innere Stützstruktur aufweist, auf welche die Membranfläche oder die Membranflächen mit einem Teil ihrer wasserseitigen Fläche auflaminiert oder aufgeschweisst oder aufgeklebt sind.

30

16. Membran, gebildet aus mehreren Membranelementen nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

35

17. Verfahren zur Herstellung eines Membranelements nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei die Rahmenstege, über ihren Querschnitt gesehen, mindestens teilweise aus einem Kunststoff spritzgegossen werden, wobei die Membranfläche an den Stegen befestigt wird, indem sie mit ihren Randbereichen direkt beim Spritzgiessprozess in die Rahmenstege eingegossen wird.

40

45

50

55

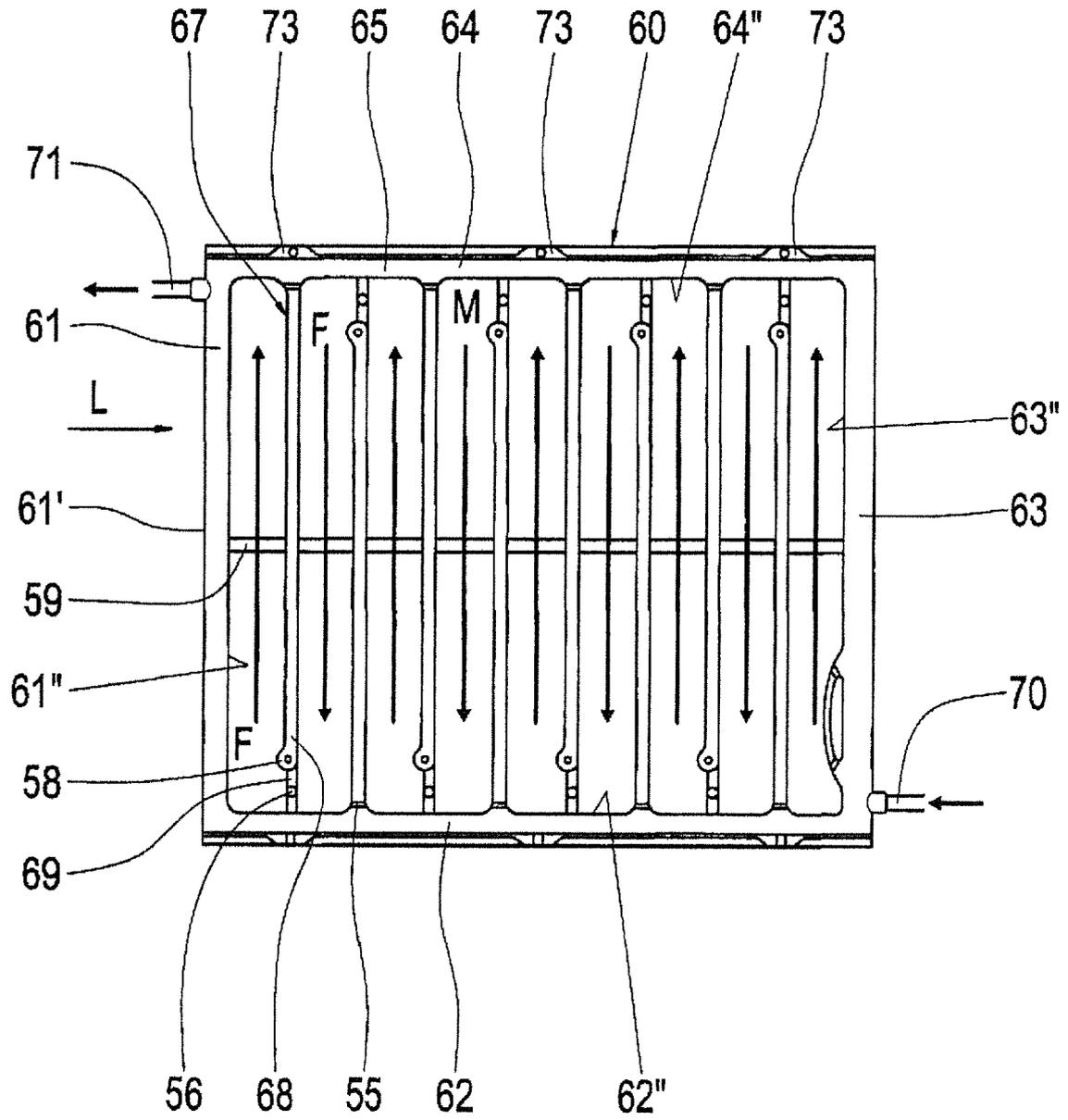


Fig. 2

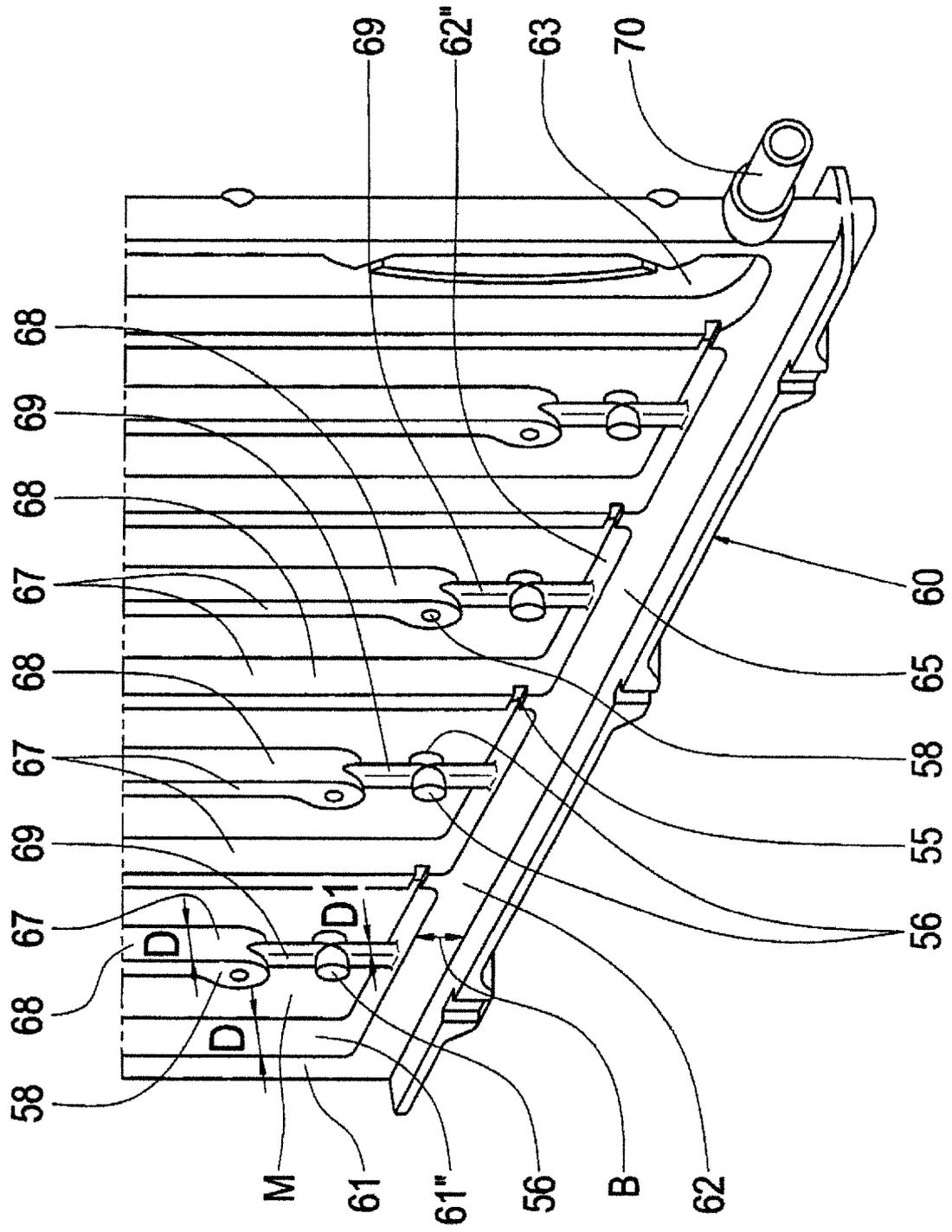


Fig. 3

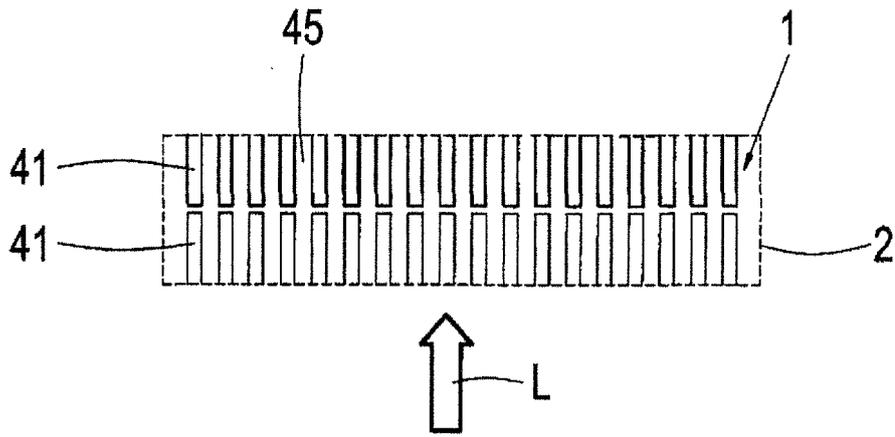


Fig. 4

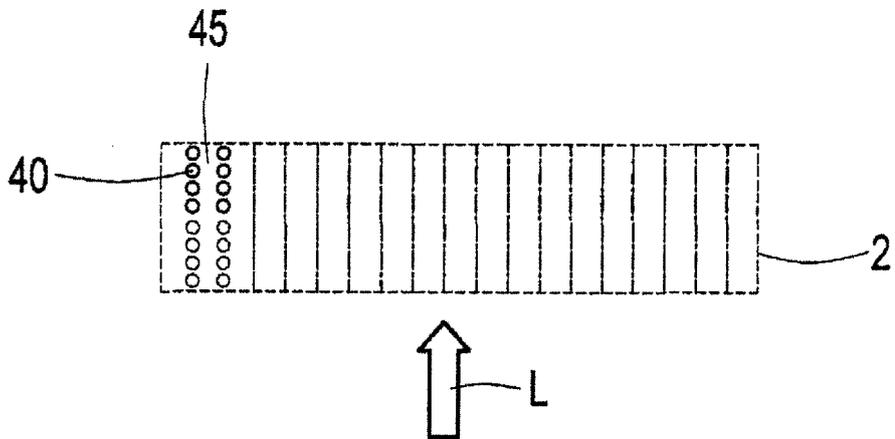


Fig. 5

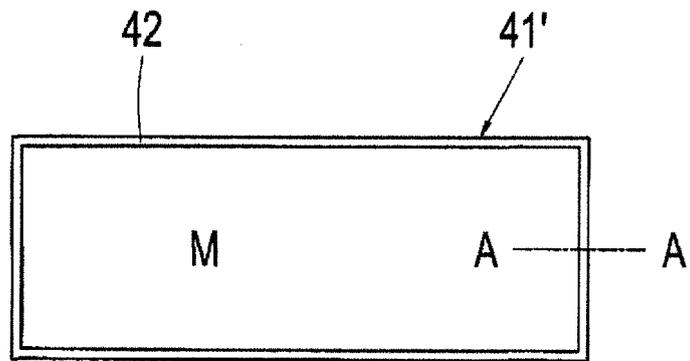


Fig. 6

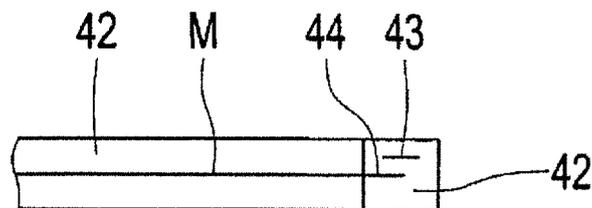


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008038557 A1 [0002]
- US 20050252982 A1 [0002]
- WO 8806912 A [0002]
- DE 102012008197 A1 [0002]