

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
22. Juni 2017 (22.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/100955 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F24F 6/02 (2006.01) F24F 11/00 (2006.01)
B01D 63/00 (2006.01)

Daniel; Carl-Kistner-Strasse 28a, 79115 Freiburg Im
Breisgau (DE). **KAPPENBERGER, Peter**; c/o Condair
Groupe AG, Talstrasse 35-37, 8008 Pfäffikon (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2016/000156

(74) Anwalt: **E. BLUM & CO. AG**; Vorderberg 11, 8044
Zürich (CH).

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Dezember 2016 (16.12.2016)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
1872/15 18. Dezember 2015 (18.12.2015) CH

(71) Anmelder: **CONDAIR GROUP AG** [CH/CH]; Talstrasse
35-37, 8808 Pfäffikon (CH). **FRAUNHOFER-
GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG e.V.** [DE/DE];
Hansastraße 27 c, 80688 München (DE).

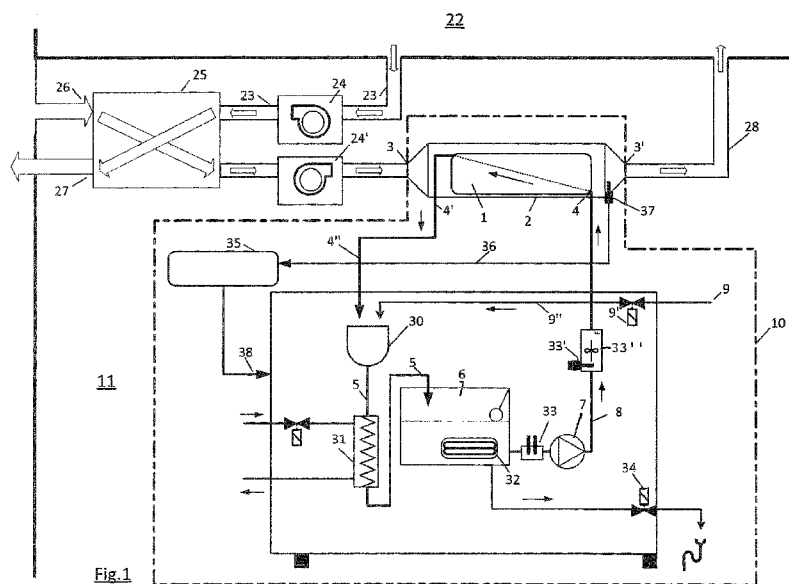
(72) Erfinder: **FORSTER, Urs**; Schulhausstrasse 8, 8832
Wilten (CH). **LICHTNER, Frank Walter**;
Rosenbergstrasse 96, 8498 Gibswil (CH). **RASMUSSEN,
Leo**; Himmelbjergvej 18, 8600 Silkeborg (DK). **WINTER,**

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR AIR HUMIDIFICATION USING A MICROPOROUS MEMBRANE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LUFTBEFEUCHTUNG MITTEL EINER MIKROPORÖSEN
MEMBRAN



(57) Abstract: The invention relates to an air humidifier device (10) comprising a hydrophobic microporous membrane (1) as a separator between the water and the air to be humidified, wherein the volumetric flow of water over time is set to be greater by factor X than the volumetric flow of steam. This allows air to be humidified with water at a low temperature, without disruption.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Bei einer Luftbefeuchtungsvorrichtung (10) mit einer hydrophoben, mikroporösen Membran (1) als Trennung zwischen Wasser und zu befeuchtender Luft wird der Wassermengenstrom pro Zeit so eingestellt, dass er um den Faktor X grösser ist als der Wasserdampfmengenstrom. Es zeigt sich, dass damit eine Luftbefeuchtung mit Wasser von geringer Temperatur störungsfrei durchführbar ist.

**Verfahren und Vorrichtung zur Luftbefeuchtung
mittels einer mikroporösen Membran**

5

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Luftbefeuchtungsvorrichtung. Ferner betrifft
10 die Erfindung eine Vorrichtung zur Luftbefeuchtung sowie die Membran einer Luftbefeuchtungsvorrichtung und Membranelemente zur Bildung der Membran. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Membranelements.

15

Hintergrund

Luftbefeuchtungsvorrichtungen, welche eine für Wasser undurchlässige und für Wasserdampf durchlässige Membran verwenden, sind bekannt. So erläutert DE 10
20 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 der 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
30 2005/0252982 A1 und WO 88/06912 gezeigt. 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
35 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

5

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zu Grunde, die Befeuchtung mittels eines Membranluftbefeuchters mit einer Trennmembran auch mit Wasser von relativ tiefer Temperatur praxistauglich zu machen. Ferner soll
10 ein Betrieb mit normalem Leitungswasser möglich sein, ohne dass eine rasche Verkalkung des Membranluftbefeuchters eintritt. Durch die Lösung dieser Aufgaben sollen die Einsatzgebiete solcher Luftbefeuchter erweitert werden.

Die genannten Aufgaben werden mit einem Ver-
15 fahren zum Betrieb einer Luftbefeuchtungsvorrichtung gemäss Anspruch 1 gelöst.

Wird eine Luftbefeuchtungsvorrichtung mit einer vorzugsweise hydrophoben Membran, welche wasserundurchlässig aber wasserdampfdurchlässig ist, gemäss der
20 Erfindung 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
25 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
30 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
35

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
5 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
10 Membran. Dies steigert die Befeuchtungsleistung und vermeidet auch lokale Ausfällungen von gelösten Stoffen und allfälligen Verunreinigungen auf der Membran.

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

Die Erfindung kann zum Beispiel den Einsatz von Wasser ermöglichen, welches eine ähnliche Temperatur
20 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.

Es zeigt sich, dass ein Faktor von grösser
25 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
30 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.

Die Erfindung betrifft somit den Betrieb eines
35 Luftbefeuchters auf Basis einer vorzugsweise hydrophoben („wasserabstossenden“) Membran, welche wasserundurchlässig aber wasserdampfdurchlässig ist. Solche Memb-

ranen sind dem Fachmann bekannt und im Handel erhältlich. Der Luftbefeuchter soll im Zuluftkanal einer raumluft-technischen Anlage installiert werden können und über die Möglichkeit verfügen, die Zuluft soweit anzufeuchten, dass die resultierende Zuluft sich im sogenannten Komfortbereich einstellt. Bei der industriellen Anwendung von derartigen Luftbefeuchtern kann die Anfeuchtung über oder unter dem sogenannten Komfortbereich für Wohnräume liegen. Gegenüber den üblicherweise eingesetzten Dampf-
10 luftbefeuchtern werden potenziell grosse Einsparungen beim Stromverbrauch möglich, da der erfindungsgemäss betriebene Luftbefeuchter mit Membran bereits mit mässig warmem Wasser betrieben werden kann, und somit keine elektrische Energie für die Dampferzeugung aufgewendet
15 werden muss. Die für die Erzeugung des Warmwassers für das erfindungsgemässe Verfahren benötigte Energie kann beispielsweise aus ansonsten ungenutzter Abwärme oder von solarer Wärmeerzeugung bereitgestellt werden.

Die Steuerung der Feuchtigkeit kann sowohl
20 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
25 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
30 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
35 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 Luftbefeuchtungsvorrichtung abhängen, sind aber für den Fachmann mittels Versuchen einfach ermittelbar. Bevorzugt ist eine an die Wassereintrittstemperatur (zu der Membran) gekoppelte Erhöhung bzw. Verminderung des Umlaufwassermassenstroms zur Steuerung der Wasserdampfmenge bzw. der Befeuchtungsleistung der Luftbefeuchtungsvorrichtung. Vorzugsweise wird die Wassermenge mit einem Durchflusssensor gemessen, insbesondere zwischen einer Wasserpumpe der Luftbefeuchtungsvorrichtung 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.

Ein wichtiger Aspekt bei der Zuluftbefeuchtung ist die Einhaltung eines hohen Hygienestandards. Während dies bei der Dampfluftbefeuchtung durch die hohe Temperatur des Wasserdampfs 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 Mikrometern in der Regel unterhalb der Grösse der Keime bzw. Mikroorganismen.

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.

Konstruktiv ist sowohl die Verwendung von Flachmembranen (flat screen membranes oder flat sheet membranes), also flächig aufgespannter Membranmaterialien, als auch von Röhrenmembranen (hollow fiber membranes oder capillary membranes) möglich.

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.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung ist die Membran der Luftbefeuchtungsvorrichtung 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 mindesten eine in den Raum führende Öffnung als Wasserauslass auf. Ferner weist 5 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 10 Länge eine geringere Dicke D_1 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 15 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.

Durch diese bevorzugte Ausgestaltung der 20 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 25 Kunststoff gebildeten Stege erfolgen oder kann durch Laminierung oder Klebung erfolgen.

Durch die stabile Befestigung wird der Betrieb mit dem grossen Wassermassenstrom auch bei empfindlichen Membranen möglich. Durch die spezielle Anordnung 30 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 35 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.

5 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
10 Seitenwand verbunden sind, wobei die Stützstege die geringere Dicke D_1 aufweisen oder eine noch geringere Dicke aufweisen, um den Wasserfluss nicht zu stören.

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

 Bei den Membranelementen können an zweiten
25 Abschnitten geringerer Dicke D_1 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 Abschnitts solche Ausformungen vorgesehen sein, wenn am Rahmen vor-
30 derseitig und rückseitig eine Membranfläche befestigt ist.

 Weiter ist es bevorzugt, dass bei den Membranelementen in den Stegen im Bereich ihrer Verbindung mit
35 den Seitenwänden Kanäle vorgesehen sind, deren durchströmbarer Querschnitt um ein Vielfaches kleiner ist als

der von den jeweiligen Wasserdurchlässen bereitgestellter Querschnitt für das Wasser. Damit werden Kanäle für eine allfällige Entwässerung der Membranelemente bei abgeschalteter Luftbefeuchtungsvorrichtung 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.

Die Membranelemente sind bevorzugt mit am
10 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,
15 welche Luft an den einzelnen Membranflächen vorbeiströmt.

Bei einer anderen beispielsweise Ausführung mit Flachmembran sind in Strömungsrichtung der Luft mindestens zwei wasserdurchflossene, vertikal verlaufende Membrankanäle hintereinander angeordnet. Im Querschnitt
20 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
25 oberen Verteiltank (header tank) und fliesst von dort weiter in den 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
30 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
35 somit ist auch die gesamte Wasserdampfdiffusion höher. Weiterhin kann es auch als konstruktiver Vorteil gewertet werden, wenn die gesamte Wasserversorgung und die Steue-

rung auf der Unterseite des Membranbefeuchters angeordnet werden kann.

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.

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.

Bei einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit Kapillarmembranen wird die gesamte Membranfläche aus einer Vielzahl von röhrenförmigen, vertikal im Kanalquerschnitt stehenden Kapillarmembranen gebildet. Die Membranflächen bestehen aus mehreren Spalten von in Luftströmungsrichtung fluchtenden Röhrchen. Pro Spalte sind beispielsweise bei einem Aussendurchmesser von 2 mm der einzelnen Röhrchen mehrere Dutzend dieser Röhrchen jeweils in einer Reihe hintereinander und dabei parallel zur Strömungsrichtung der Luft im Kanal angeordnet. In-

nerhalb einer Reihe sind die Röhrchen dabei nur mit geringem oder keinem Abstand angeordnet, dies aus Gründen der mechanischen Stabilität, der Packungsdichte (Membranfläche pro Volumen) und auch mit Vorteilen beim Druckverlust im Luftkanal. Pro Reihe wird in der jeweils hinteren Hälfte das wärmere Wasser von der Versorgungsseite unten nach oben in den Verteiltank und von dort über die jeweils vordere Hälfte von oben nach unten in den Abfluss oder in einen Rezirkulationskreislauf zurück fliessen.

10 Damit ist analog dem vorher beschriebenen Membranbefeuchter mit Flachmembran ebenfalls eine Kreuz-Gegenstrom-Anordnung realisiert. Eine solche Anordnung ist grundsätzlich bekannt und zum Beispiel in einer perspektivischen Darstellung einer vergleichbaren Anordnung von

15 Röhrchen in Figur 2 der vorerwähnten US 2005/0252982 gezeigt.

Vorteile der Verwendung von Kapillarmembranen gegenüber Flachmembranen liegen neben den oben genannten Punkten der höheren Packungsdichte und der grösseren mechanischen Stabilität auch darin, dass hier die Abdichtung des Wasserkanals zur Luftseite konstruktiv einfacher sein kann und diese kann durch ein Vergiessen (sogenanntes „potting“) erzielt werden. Nachteilig ist die Verwendung der Kapillarmembrane hinsichtlich deren Reinigung

25 (luft- und wasserseitig).

Bei einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens gemäss der Erfindung wird die Wassertemperatur des in den Behälter einströmenden Wassers im Bereich von 20 Grad Celsius bis 60 Grad Celsius eingestellt, insbesondere wird die Wassertemperatur im Bereich von 25 Grad Celsius bis 45 Grad Celsius eingestellt. Bevorzugt ist es weiter, dass der Wasserinhalt der Wasserführungsanordnung kontinuierlich oder diskontinuierlich ergänzt wird, um die durch die Membran verdunstende Wassermenge zu ersetzen.

35

Weiter ist es bevorzugt, dass die Wasserführungsanordnung einen Wasserkreislauf umfasst und ferner,

dass der Wasserkreislauf einen Wassertank umfasst. Weiter ist es bevorzugt, dass die Wasserführungsanordnung mindestens eine Heizeinrichtung für das Wasser umfasst und es ist bevorzugt, dass die Heizeinrichtung einen Wasser/Wasser-Wärmetauscher umfasst und/oder dass die Heizeinrichtung eine elektrische Wasserheizung umfasst. Die Heizeinrichtung, insbesondere die elektrische Wasserheizung, ist weiter bevorzugt im Wassertank angeordnet. Weiter ist es bevorzugt, dass mittels eines Sensors die Konzentration von im Wasser gelösten Stoffen gemessen wird, zum Beispiel mittels eines Sensors, mit dem die elektrische Leitfähigkeit des Wassers gemessen wird. Beim Erreichen eines Grenzwertes der Menge gelöster Stoffe kann ein Abführen von Wasser aus dem Wasserkreislauf und eine Ergänzung mit Frischwasser erfolgen. Das Abführen von Wasser wird zum Beispiel vom Grund des erwähnten Wassertanks durchgeführt, womit besonders gut Ablagerungen der Stoffe entfernt werden können. Dieser Vorgang ist in der Fachsprache als "Abschlämmen" bekannt.

Vorzugsweise ist die Membran eine hydrophobe, mikroporöse Membran mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.25 Mikrometer, oder im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern, und besonders im Bereich von 0.1 Mikrometer bis 0.2 Mikrometern.

Das Verfahren kann bevorzugt verbessert werden, wenn die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zum Einblasen von Luft in den Wasserstrom vor oder beim Eintritt des Wassers in den Behälter aufweist und dass beim Betrieb kontinuierlich oder diskontinuierlich Luft auf der Wasserseite zugeführt wird. Weiter ist es bevorzugt, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung auf der Luftseite aufweist. Und weiter, dass der Behälter mit der Membran derart angeordnet wird, dass das Wasser von unten nach oben entgegen der Schwerkraft an der Membran vorbeiströmt.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zu Grunde, eine Luftbefeuchtungsvorrichtung zu schaffen, die

die Befeuchtung mittels einer Membrane auch mit Wasser von relativ tiefer Temperatur praxistauglich macht. Dies soll die Einsatzgebiete solcher Luftbefeuchter erweitern.

5 Diese Aufgabe wird mit einer Luftbefeuchtungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 29 erzielt.

Die Erfindung betrifft somit eine Luftbefeuchtungsvorrichtung auf Basis einer Membran, welche wasserundurchlässig aber wasserdampfdurchlässig ist, welche bevorzugt hydrophob (wasserabstossend) ist. Somit be-
10 trifft die Erfindung einen sogenannten Membranluftbefeuchter. Membranmaterialien für solche Luftbefeuchter sind dem Fachmann bekannt und im Handel erhältlich. Der Luftbefeuchter soll im Zuluftkanal einer raumluftechni-
15 schen Anlage eines Gebäudes installierbar sein, vorzugsweise vor einem Verteiler zu einzelnen Wohnungen eines Gebäudes, und über die Möglichkeit verfügen, die Zuluft soweit aufzufeu-
20 chen, dass die resultierende Zuluft sich im sogenannten Komfortbereich einstellt. Gegenüber den üblicherweise eingesetzten Dampf-
luftbefeuchtern werden potenziell grosse Einsparungen bei der benötigten elektrischen Energie möglich, da die erfindungsgemässe
Luftbefeuchtungsvorrichtung mit Membran bereits mit mäs-
25 sig warmem Wasser betreibbar ist, und somit keine elektrische Energie für die Dampferzeugung aufgewendet werden muss. Die für die Erzeugung des Warmwassers benötigte
Energie kann beispielsweise aus ansonsten ungenutzter Ab-
wärme oder von solarer Wärme-
erzeugung bereitgestellt werden. Es ergibt sich ferner eine gute Wärme- und Stoff-
30 übertragung und eine gute Vermeidung von Ablagerungen durch die Scherkräfte, die von der hohen Überströmgeschwindigkeit des Wassers erzeugt werden.

Damit wird auch eine präzise Kontrolle der Aufkonzentration von gelösten Stoffen und ggf. Verunrei-
35 nigungen pro Durchlauf möglich 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 eine 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, was ebenfalls die kontrollierte Abschlammung bzw. Entfernung von gelösten Stoffen erleichtern kann.

Ein wichtiger Aspekt bei der Zuluftbefeuchtung ist die Einhaltung eines hohen Hygienestandards. Während dies bei der Dampfzuluftbefeuchtung durch die hohe Temperatur des Wasserdampfs 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 von 0.05 Mikrometern bis 0,5 Mikrometern, insbesondere von 0.05 Mikrometer bis 0,25 Mikrometer, allenfalls und bevorzugt ca. 0.1 bis 0.2 Mikrometern in der Regel unterhalb der Grösse der Keime bzw. Mikroorganismen.

Als Material der Membran ist ein Polymer bevorzugt, insbesondere ein hydrophobes Polymer. Zum Beispiel kann Polytetrafluorethylen (PTFE) verwendet werden, aber auch Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen (PP) oder Polyurethan (PU) kommen in Frage.

Bevorzugt weist die Luftbefeuchtungsvorrichtung eine Vielzahl von Membranelementen auf, die zusammen die Membran bilden. Dabei weist das bevorzugte Membranelement einen aus Rahmenstegen gebildeten Rahmen mit einer Vorderseite und einer Rückseite und Seitenwänden auf, an welchem Rahmen das Membranmaterial mindestens einseitig flächig angeordnet ist, und an welchem Rahmen das

Membranmaterial bevorzugt beidseitig, vorderseitig und rückseitig, flächig angeordnet ist. Das Membranmaterial ist an den jeweiligen Rahmenflächen der Vorderseite und Rückseite des Rahmens wasserdicht befestigt. Innerhalb
5 des Rahmens ist so ein wasserdichter, vom Rahmen und den Membranflächen begrenzter Raum gebildet, aus welchem nur der Wasserdampf über die Membran austreten kann. Oder es ist ein von einer Membranfläche und einer Nichtmembranfläche begrenzter Raum gebildet. Der Rahmen weist an Seitenwänden mindestens eine Öffnung als Wasserzulauf und
10 mindestens eine Öffnung als Wasserauslass auf.

Bevorzugt weist der Rahmen in seinem Inneren mindestens einen Steg auf, bevorzugt weist der Rahmen aber in seinem Inneren mehrere Stege auf, welcher bzw.
15 welche innere Seitenwände des Rahmens verbinden. Die jeweiligen Stege weisen über einen ersten Abschnitt im Wesentlichen dieselbe Dicke D auf, wie die Rahmenstege, und die jeweiligen Stege weisen über einen zweiten Abschnitt ihrer Länge eine Dicke D_1 auf, die geringer ist als die
20 Dicke der Rahmenstege. Die Abschnitte mit geringerer Dicke bilden innerhalb des Rahmens Wasserdurchlässe. Ist nur ein Steg vorhanden, so ist die Membranfläche, bzw. sind die Membranflächen, an den ersten Abschnitten des Stegs wasserdicht befestigt. Sind mehrere Stege vorhanden, so ist die Membranfläche, bzw. sind die Membranflächen,
25 an den ersten Abschnitten der Stege wasserdicht befestigt. Damit kann auf einfache Weise ein mäanderförmiger Wasserfluss innerhalb des Rahmens bewirkt werden, so dass eine Kreuz-Gegenstrom Anordnung erzielt wird.

30 Weiter können die Stege mittels im Wesentlichen quer zu den Stegen verlaufenden Stützstegen miteinander oder mit einer Seitenwand verbunden sein, um die Stege zu stabilisieren und damit auch die Belastung der an den Stegen befestigten Membranflächen zu reduzieren.
35 Dabei weisen wobei die Stützstege die geringere Dicke oder vorzugsweise eine noch geringere Dicke auf, um die Wasserströmung nicht zu stören.

Ferner ist es bevorzugt, dass bei mindestens einem der Stege das Ende des ersten Abschnittes abgerundet ausgebildet ist, was ebenfalls für den Fluss des Wassers in der Mäanderanordnung der Stege vorteilhaft ist.

5 Ferner kann bei mindestens einem der Stege das Ende des ersten Abschnittes von der ersten Öffnung weg weisend abgebogen ausgebildet sein, um ebenfalls die Strömung um die ersten Abschnitte herum zu verbessern und strömungsarme Zonen zu verringern. Dazu kann auch an der inneren
10 Seitenwand benachbart zur der den Wassereinlass bildenden Öffnung eine Ausformung zur Beeinflussung der Strömung vorgesehen ist.

Bevorzugt sind zur Stabilisierung der Membranflächen innerhalb der zweiten Abschnitte der Stege,
15 die die geringere Dicke D1 aufweisen und Wasserdurchlässe bilden, Ausformungen vorgesehen, welche eine Fläche zur Befestigung des Membranmaterials auch innerhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen. Insbesondere kann beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnitts eine Ausformung
20 vorgesehen sein, wenn das Membranelement beidseits mit Membranflächen versehen ist.

In den Stegen können im Bereich ihrer Verbindung mit den Seitenwänden Kanäle vorgesehen sein, deren durchströmbarer Querschnitt um ein Vielfaches kleiner ist
25 als der von den jeweiligen Wasserdurchlässen bereitgestellte Querschnitt für das Wasser, welche Kanäle nur im deaktivierten Zustand der Luftbefeuchtungsvorrichtung von Bedeutung sind und die Entfernung von Restwasser erleichtern.

30 Bei den Membranelementen sind vorzugsweise an deren Rahmen angeordnete Positionierungsmittel vorgesehen, um die Verbindung von mehreren Membranelementen zu einer Membran zu erleichtern, bei welcher zwischen den Membranelementen die Luftdurchlässe gebildet sind.

35 Bevorzugt ist auch beim Membranelement das Membranmaterial ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern, be-

vorzugt im Bereich von 0.05 bis 0.25 Mikrometern, insbesondere ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.1 bis 0.2 Mikrometern. Das Membranmaterial ist ein Polymer, vorzugsweise ein hydrophobes Polymer, und
5 zum Beispiel ist das Membranmaterial aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polypropylen (PP) oder Polyurethan (PU) gebildet oder es ist ein anderes bekanntes Membranmaterial.

Es kann vorgesehen sein, dass die Membranflächen
10 chen durch eine äussere Stützstruktur aus einem zum Membranmaterial unterschiedlichen Material verstärkt sind, oder dass die Membranflächen durch eine Stützstruktur aus demselben Material wie die Membran verstärkt sind.

Konstruktiv ist sowohl die Verwendung von
15 Flachmembranen (flat screen membranes oder flat sheet membranes), also flächig aufgespannten Membranen, als auch von Röhrenmembranen (hollow fiber membranes und capillary membranes) möglich. Als technische Ausführung wird eine Kreuz-Gegenstrom-Anordnung bevorzugt. Auch eine
20 Gegenstromanordnung oder eine Gleichstromanordnung ist möglich.

Bei einer weiteren beispielsweise Ausführung mit Flachmembran sind in Strömungsrichtung der Luft mindestens zwei wasserdurchflossene, vertikal verlaufende
25 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
30 oberen Verteiltank (header tank) und von dort weiter in dem vorderen Membrankanal von oben nach unten in den Abfluss oder bevorzugt zurück in einen Rezirkulationskreislauf. Vorteil dieser sogenannten Kreuz-Gegenstrom-
35 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
5 gewertet werden, wenn die gesamte Wasserversorgung und die Steuerung auf der Unterseite des Membranbefeuchters angeordnet werden kann.

Grundsätzlich wird bei dem oben beschriebenen Vorgehen nicht nur - als primär gewünschter Effekt - Wasserdampf durch die Membranwand diffundiert sondern es
10 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 Wärme- und
15 Stofftransport statt.

Da eine Flachmembran nur über eine geringe Eigenstabilität verfügt, wird sie vorzugsweise verstärkt, was einerseits durch Auflaminieren der Membran mit einem Teil ihrer wasserseitigen Fläche auf eine dünne, innere
20 Stützstruktur im Wasserflussbereich der Membran erzielt wird, welche Stützstruktur so angeordnet ist, dass sie den Wasserfluss möglichst wenig hindert. Auch eine separate äussere Stützstruktur auf welcher die Membran aufliegen kann oder an welcher die Membran befestigt ist,
25 kann vorgesehen sein. Vorteile der Flachmembran sind eine einfachere Reinigung und ein geringerer Druckverlust im Luftkanal.

Bei einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit Kapillarmembranen wird die gesamte Membranfläche
30 aus einer Vielzahl von röhrenförmigen, vertikal im Kanalquerschnitt stehenden Kapillarmembranen gebildet. Die Membranflächen bestehen aus mehreren Spalten von in Luftströmungsrichtung fluchtenden Röhrchen. Pro Spalte sind beispielsweise bei einem Aussendurchmesser von 2 mm der
35 einzelnen Röhrchen mehrere Dutzend dieser Röhrchen jeweils in einer Reihe hintereinander und dabei parallel zur Strömungsrichtung der Luft im Kanal angeordnet. In-

nerhalb einer Reihe sind die Röhrchen dabei nur mit geringen oder keinem Abstand angeordnet, dies aus Gründen der mechanischen Stabilität, der Packungsdichte (Membranfläche pro Volumen) und auch mit Vorteilen beim Druckverlust im Luftkanal. Pro Reihe wird in der jeweils hinteren Hälfte das wärmere Wasser von der Versorgungsseite unten nach oben in den Verteiltank und von dort über die jeweils vordere Hälfte von oben nach unten in den Abfluss oder in einen Rezirkulationskreislauf zurück fliessen.

5

10 Damit ist analog dem vorher beschriebenen Membranbefeuchter mit Flachmembran ebenfalls eine Kreuz-Gegenstrom-Anordnung realisiert. Eine solche Anordnung ist grundsätzlich bekannt und zum Beispiel in einer perspektivischen Darstellung einer vergleichbaren Anordnung von

15 Röhrchen in Figur 2 der vorerwähnten US 2005/0252982 gezeigt.

Vorteile der Verwendung von Kapillarmembranen gegenüber Flachmembranen liegen neben den oben genannten Punkten der höheren Packungsdichte und der grösseren mechanischen Stabilität auch darin, dass hier die Abdichtung des Wasserkanals zur Luftseite konstruktiv einfacher sein kann und diese kann durch Vergiessen („potting“) erzielt werden. Nachteilig ist die Verwendung der Kapillarmembrane hinsichtlich der Reinigung (luft- und wasserseitig).

20

25

Bei einer bevorzugten Ausführung der Luftbefeuchtungsvorrichtung gemäss der Erfindung ist die Wassertemperatur des in den Behälter einströmenden Wassers im Bereich von 20 Grad Celsius bis 60 Grad Celsius einstellbar, insbesondere im Bereich von 25 Grad Celsius bis 45 Grad Celsius.

30

Bevorzugt ist es weiter, dass der Wasserinhalt der Wasserführungsanordnung kontinuierlich oder diskontinuierlich ergänzbar ist, um die durch die Membran verdunstende Wassermenge zu ersetzen. Weiter ist es bevorzugt, dass die Wasserführungsanordnung einen Wasserkreislauf umfasst und ferner, dass der Wasserkreislauf

35

einen Wassertank umfasst. Weiter ist es bevorzugt, dass die Wasserführungsanordnung mindestens eine Heizeinrichtung für das Wasser umfasst und es ist bevorzugt, dass die Heizeinrichtung einen Fluid-Fluid-Wärmetauscher, zum Beispiel einen Wasser-Wasser-Wärmetauscher umfasst und/oder dass die Heizeinrichtung eine elektrische Wasserheizung umfasst. Die Heizeinrichtung, insbesondere die elektrische Wasserheizung, ist weiter bevorzugt im Wassertank angeordnet.

Bevorzugt weist die Luftbefeuchtungsvorrichtung mindestens einen signalmässig mit der Steueranordnung verbundenen Wassertempersensor auf, insbesondere einen Wassertempersensor, der im Wasserfluss zwischen der Wasserpumpe und dem Wassereinlass des Behälters angeordnet ist. Es ist weiter bevorzugt, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung einen signalmässig mit der Steueranordnung verbundenen Wasserdurchflussmesser zur Messung der Wasserdurchflusses aufweist, welcher insbesondere im Wasserfluss zwischen der Wasserpumpe und dem Wassereinlass des Behälters angeordnet ist, und insbesondere ist es bevorzugt, dass der Wassertempersensor und der Wasserdurchflussmesser miteinander kombiniert sind.

Vorzugsweise ist die Membran eine, insbesondere hydrophobe, mikroporöse Membran mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern, und insbesondere mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.25 Mikrometern, und insbesondere mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.1 bis 0.2 Mikrometern.

Die Luftbefeuchtungsvorrichtung kann Mittel zum Einblasen von Luft in den Wasserstrom vor oder beim Eintritt des Wassers in den Behälter aufweisen und ausgestaltet sein, dass Luft kontinuierlich oder diskontinuierlich auf der Wasserseite zuführbar ist. Weiter ist es bevorzugt, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung auf der Luftseite aufweist. Und weiter, dass der Behälter mit der Memb-

ran derart angeordnet wird, dass das Wasser von unten nach oben entgegen der Schwerkraft an der Membran vorbeiströmt.

Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zu
5 Grunde, Membranelemente zur Bereitstellung einer Membran für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung zu schaffen. Diese Aufgabe wird durch ein Membranelement nach Anspruch 46 gelöst und wird durch die aus solchen Elementen gebildete Membran gelöst.

10 Ein weiteres Membranelement wird mit den Merkmalen von Anspruch 57 definiert sowie mit dem Verfahren zu dessen Herstellung nach Anspruch 62. Das Einbringen der Membran direkt in die Stege schafft eine sehr gute Dichtigkeit der Membranelemente und eine kostengünstige Herstellung.
15

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
20 separate äussere Stützstruktur kann bevorzugt ebenfalls vorgesehen sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

25 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
30 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
35 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

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.

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 Luft-

befeuchtungsvorrichtung 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.

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.

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 oder zylindrische Elemente sein, 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.

5 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
10 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 Er-
15 wärmens des Wassers, damit dieses wieder genug Energie zur Verdunstung eines Teils des Wassers an der Membran enthält.

In dem gezeigten Beispiel gelangt das beim Auslass 4' aus dem Behälter 2 austretende Wasser über ei-
20 ne 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
25 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 Leitfähig-
30 keit 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
35 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.

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.

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 Wasserführungsanordnung vorhanden sein könnte. Diese Heizungseinrichtung 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 der Luftbefeuchtungsvorrichtung 10 zu erwärmen.

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.

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 Schwim-

mer 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, 5 insbesondere zur sogenannten Abschlammung. Eine Aufmineralisierung des Wassers im Tank, bzw. im Extremfall eine Schlamm Bildung am Tankboden, kann insbesondere bei der Verwendung von Leitungswasser im Wasserkreislauf erfolgen und über einen offenbaren Ablauf können solche Stoffkon- 10 zentrationen 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.

15 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 Was- 20 serdampfmassenstroms 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 Was- 25 serdampf 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 30 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 35 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.

5 Die Steueranordnung stellt gemäss der Erfindung 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
10 die Steueranordnung die Information aus dem erwähnten Durchflussmesser verwenden und die Pumpe 7 entsprechend steuern.

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

Mit dem Faktor gemäss der Erfindung kann sichergestellt werden, dass auch mit wenig warmen Wasser, zum Beispiel mit einer Temperatur von nur 25 Grad Celsius
20 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
30 über den Wasserstand und die Wassertemperatur. Sie steuert ebenfalls die Heizung des Wassers. Alle diese Steuerungssignale und Rückmeldungssignale von (zum Teil nicht dargestellten Sensoren) sind in der Figur 1 zu deren Vereinfachung in der Steuerleitung 38 zusammengefasst.

35 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.

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.

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 vorge-
5 sehen werden, zum Beispiel mittels eines Heissklebers.

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
10 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
15 sind.

In seinem Inneren weist der Rahmen bevorzugt 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
20 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
25 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
30 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
35 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 ei-

ne 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.

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.

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 Abschnitten 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.

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.

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.

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.

5 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.

10 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
15 gezeigt, dessen Behälterwand nur mit unterbrochenen Linien angedeutet ist. In dem Behälter sind Membranelemente 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
20 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
25 Membranelementen wird die Luft geführt, was mit dem Pfeil L angedeutet ist, die den aus den Membranelementen 41 austretenden Wasserdampf aufnimmt.

 Figur 5 zeigt einen schematischen Horizontalschnitt durch einen Behälter 2, dessen Behälterwand nur
30 mit unterbrochenen Linien angedeutet ist, in welchem Behälter die Membran von einer Vielzahl von in Reihen angeordneten zylindrischen Membranelementen 40 gebildet sind, die zusammen die Membran bilden (es sind nur zwei Reihen
35 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.

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 Laminieren oder Kleben.

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 flächig 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.

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.

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. Verfahren zum Betrieb einer Luftbefeuch-
5 tungs Vorrichtung, welche Luftbefeuchtungs Vorrichtung (10)
eine wasserundurchlässige, wasserdampfdurchlässige, vor-
zugsweise hydrophobe, Membran (1) umfasst, welche Membran
in einem Behälter (2) der Luftbefeuchtungs Vorrichtung
derart angeordnet ist, dass die Membran auf ihrer einen
10 Seite von vorbeiströmendem Wasser einer Wasserführungsan-
ordnung der Luftbefeuchtungs Vorrichtung beaufschlagt wird
und die Membran auf ihrer anderen Seite mit einem durch
den Behälter führenden Luftkanal der Luftbefeuchtungs Vor-
richtung in Kontakt ist, derart, dass die andere Seite
15 der Membran von der Luft in dem Luftkanal beaufschlagt
wird, wobei der an der Membran vorbeiströmende Wassermas-
senstrom in kg/h um einen Faktor X grösser gewählt wird
als der in dem Luftkanal aus der Membran austretende Was-
serdampfmassenstrom in kg/h, wobei der Faktor X grösser
20 als 5 ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, dass der Faktor X grösser als 10 ist, insbeson-
dere, dass der Faktor grösser als 20 ist, und insbesonde-
re, dass der Faktor grösser als 50 ist und weiter, dass
25 der Faktor insbesondere im Bereich von grösser als 20 bis
250 gewählt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass die Wassertemperatur des in den Be-
hälter einströmenden Wassers im Bereich von 20 Grad Cel-
30 sius bis 60 Grad Celsius eingestellt wird, insbesondere,
dass die Wassertemperatur im Bereich von 25 Grad Celsius
bis 45 Grad Celsius eingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis
3, dadurch gekennzeichnet, dass der in dem Luftkanal aus
35 dem Membran austretende Wasserdampfmassenstrom durch Be-
einflussung des Faktors X gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der in dem Luftkanal aus der Membran austretenden Wasserdampfmassenstrom durch Beeinflussung der Temperatur des Wassermassenstroms gesteuert wird, wobei vorzugsweise die Temperatur des Wassermassenstroms zwischen einer Wasserpumpe der Wasserführungsanordnung und dem Wassereinlass in den Behälter gemessen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wassermassenstrom in der Wasserführungsanordnung durch einen Wasserflusssensor gemessen wird, und dass der Messwert des Wasserflusssensors für die Steuerung des Wassermassenstroms verwendet wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung des in dem Luftkanal aus der Membran austretenden Wasserdampfmassenstroms sowohl durch Beeinflussung der Wassertemperatur als auch durch Beeinflussung des Faktors X erfolgt und insbesondere ferner, dass der Grad der Beeinflussung auf die eine und andere Weise in Abhängigkeit von der Wassertemperatur des zur Membran fliessenden Wassers erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserinhalt der Wasserführungsanordnung kontinuierlich oder diskontinuierlich ergänzt wird, um die durch die Membran verdunstende Wassermenge zu ersetzen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Wasser aufkonzentrierte Bestandteile durch Abschlammung entfernt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserführungsanordnung einen Wasserkreislauf umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserkreislauf einen Wassertank umfasst, insbesondere einen Wassertank mit einer Füllstandsermittlung und insbesondere einen Wassertank mit einem wahlweise offenbaren und schliessbaren Ablauf zur

Abschlammung von auf dem Tankboden befindlichen Rückständen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration von im
5 Wasser gelösten Stoffen mit einem Sensor gemessen wird, insbesondere mit einem Leitfähigkeitssensor gemessen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserführungsanordnung mindestens eine Heizeinrichtung umfasst, durch welche
10 che das Wasser geheizt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung einen Fluid-Fluid-Wärmetauscher umfasst, insbesondere einen Wasser-Wasser-Wärmetauscher umfasst und/oder dass die Heizeinrichtung
15 eine elektrische Wasserheizung umfasst.

15. Verfahren nach den Ansprüchen 11 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung, die insbesondere eine elektrische Wasserheizung ist, mindestens teilweise im Wassertank angeordnet ist.

20 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran eine, bevorzugt hydrophobe, mikroporöse Membran ist, welche Membran einen nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern, insbesondere im Bereich von 0.05 bis
25 0.25 Mikrometern und insbesondere im Bereich von 0.1 bis 0.2 Mikrometern aufweist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zum Einblasen von Luft in den Wasserstrom
30 vor oder beim Einlass des Wassers in den Behälter aufweist und dass beim Betrieb kontinuierlich oder diskontinuierlich Luft auf der Wasserseite zugeführt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung
35 auf der Luftseite aufweist, insbesondere, dass die Mittel von einer Stützstruktur für die Membran gebildet sind.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter mit der Membran derart angeordnet wird, dass das Wasser von unten nach oben entgegen der Schwerkraft an der Membran vorbeiströmt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Membran aus mehreren Membranelementen (60) gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Membranelement einen aus Rahmenstegen (61 - 64) gebildeten Rahmen (65) mit einer Vorderseite und einer Rückseite und Seitenwänden aufweist, an welchem Rahmen Membranmaterial mindestens einseitig flächig angeordnet ist, und an welchem Rahmen Membranmaterial bevorzugt 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 wasserdicht aber wasserdampfdurchlässig abgeschlossener, vom Rahmen und den Membranflächen (M) begrenzter Raum gebildet ist, oder ggf. ein von einer Membranfläche und einer Nichtmembranfläche begrenzter Raum gebildet ist, wobei der Rahmen, insbesondere an zwei verschiedenen Seitenwänden des Rahmens, mindestens eine erste Öffnung (71) als Wasserzulauf und mindestens eine zweite Öffnung (72) als Wasserauslass aufweist, und wobei der Rahmen in seinem Inneren mindestens einen Steg (67) aufweist, welcher 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 mindestens einen Stegs wasserdicht befestigt sind bzw. ggf. eine Nichtmembranfläche mit dem Steg wasserdicht verbunden ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei mehrere Stege (67) verwendet werden, deren erste Abschnitte (68) abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenwänden (62'', 64'') des Rahmens ausgehend angeordnet sind, um für das Wasser im Rahmen einen mäanderförmigen Pfad zu und somit für die Wasser- und Luftströmung eine Kreuz-Gegenstromanordnung zu bilden.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, wobei der Steg oder die Stege (67) mittels im Wesentlichen quer zu dem Steg bzw. den Stegen oder ggf. schräg zu dem Steg bzw. den Stegen verlaufende Stützstege (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.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei bei mindestens einem der Stege (67) das Ende (58) des ersten Abschnittes (68) abgerundet ausgebildet ist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, wobei bei mindestens einem der Stege (67) das Ende (58) des ersten Abschnittes (68) von der mindestens einen ersten Öffnung (71) wegweisend abgebogen ausgebildet ist.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24, wobei an der inneren Seitenwand benachbart zur der den Wassereinlass bildenden Öffnung eine Ausformung vorgesehen ist.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, wobei an zweiten Abschnitten (69) geringerer Dicke (D1) innerhalb der von diesen gebildeten Wasserdurchlässe Ausformungen (56) vorgesehen sind, welche eine Fläche zur Befestigung des Membranmaterials oberhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen, insbesondere, dass beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnitts eine Ausformung (56) vorgesehen ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 26, 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 bereitgestellter Querschnitt für das Wasser.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 5 27, wobei durch am Rahmen angeordnete Positionierungsmittel (73) mehrere Membranelemente zu einer Membran verbunden sind, bei welcher zwischen den Membranelementen die Luftdurchlässe gebildet sind.

29. Luftbefeuchtungsvorrichtung (10) umfassend eine wasserundurchlässige, wasserdampfdurchlässige, vorzugsweise hydrophobe, Membran (1), welche Membran in einem Behälter (2) der Luftbefeuchtungsvorrichtung derart angeordnet ist, dass die Membran auf ihrer einen Seite von vorbeiströmendem Wasser einer Wasserführungsanordnung der Luftbefeuchtungsvorrichtung beaufschlagbar ist, wobei 15 die Wasserführungsanordnung mindestens eine steuerbare Wasserpumpe (7) aufweist, und wobei die Membran auf ihrer anderen Seite mit einem Luftkanal in dem Behälter in Kontakt ist, derart, dass die andere Seite der Membran von der Luft in dem Luftkanal beaufschlagbar ist, wobei die 20 Luftbefeuchtungsvorrichtung vorzugsweise mindestens einen Sensor aufweist, welcher insbesondere ein Sensor am strömungsseitigen Ausgang des Luftkanals ist, welcher Sensor zur Messung der Menge von Wasserdampf in dem Luftstrom ausgestaltet ist, und wobei die Luftbefeuchtungseinrichtung eine Steueranordnung (35) aufweist, welche insbesondere zur Auswertung des Sensorsignals des Sensors zur Ermittlung des den Behälter verlassenden Wasserdampfmassenstroms ausgestaltet ist, welche Steueranordnung (35) zur 30 Steuerung der Wasserpumpe derart ausgestaltet ist, dass der der an der Membran vorbeiströmende Wassermassenstrom in kg/h um einen Faktor X grösser einstellbar ist als der in dem Luftkanal aus der Membran austretende Wasserdampfmassenstrom in kg/h, wobei der Faktor X grösser als 5 35 ist.

30. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Steueranordnung (35)

ausgestaltet ist, den Faktor X im Bereich von grösser als 10 einzustellen, insbesondere ausgestaltet ist, den Faktor grösser als 20 einzustellen, insbesondere ausgestaltet ist, den Faktor grösser als 50 einzustellen, und insbesondere
5 ausgestaltet ist, den Faktor im Bereich von 20 bis 250 einzustellen.

31. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung eine durch die Steueranordnung steuerbare
10 Heizeinrichtung für das an der Membran vorbeiströmende Wasser aufweist, und dass die Steueranordnung zur Einstellung einer Wassertemperatur des in den Behälter einströmenden Wassers im Bereich von 20 Grad Celsius bis 60 Grad Celsius ausgestaltet ist, insbesondere zur Einstellung
15 der Wassertemperatur im Bereich von 25 Grad Celsius bis 45 Grad Celsius ausgestaltet ist.

32. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung mindestens einen signalmässig
20 mit der Steueranordnung verbundenen Wassertemperatursensor aufweist, insbesondere einen Wassertemperatursensor (33'), der im Wasserfluss zwischen der Wasserpumpe (7) und dem Wassereinlass (4) des Behälters (2) angeordnet ist, und insbesondere, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung einen signalmässig mit der Steueranordnung verbundenen
25 Wasserdurchflussmesser (33'') aufweist, welcher insbesondere im Wasserfluss zwischen der Wasserpumpe (7) und dem Wassereinlass (4) des Behälters (2) angeordnet ist, und insbesondere, dass der Wassertempersensor und der Wasserdurchflussmesser miteinander kombiniert
30 sind.

33. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Steueranordnung derart ausgestaltet ist, dass durch die
35 Steueranordnung der in dem Luftkanal aus der Membran austretende Wasserdampfmassenstrom durch Beeinflussung des Faktors X steuerbar ist.

34. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Steueranordnung derart ausgestaltet ist, dass durch die Steueranordnung der in dem Luftkanal aus der Membran austretende Wasserdampfmassenstrom durch Beeinflussung der Temperatur des Wassermassenstroms steuerbar ist.

35. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach den Ansprüchen 33 und 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Steueranordnung zur Steuerung des in dem Luftkanal aus der Membran austretenden Wasserdampfmassenstroms sowohl durch Beeinflussung der Wassertemperatur als auch durch die Beeinflussung des Faktors X ausgestaltet ist, und ferner dass die Steueranordnung dazu ausgestaltet ist, den Grad der Beeinflussung auf die eine und andere Weise in Abhängigkeit von der Wassertemperatur des zur Membran fließenden Wassers durchzuführen.

36. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Ergänzung des Wasserinhalts der Wasserführungsanordnung ausgestaltet ist, insbesondere, dass die Steueranordnung ausgestaltet ist, um aufgrund eines Signals eines Sensors die durch die Membran verdunstende Wassermenge zu ersetzen, wobei der Sensor insbesondere ausgestaltet ist, um das Vorhandensein von im Wasser gelösten Stoffen zu bestimmen und wobei der Sensor insbesondere zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers ausgestaltet ist.

37. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserführungsanordnung einen Wasserkreislauf umfasst.

38. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserkreislauf einen Wassertank (6) umfasst, insbesondere, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung einen Wassertank mit einer Füllstandserkennung umfasst.

39. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass der Wassertank mit einem öffenbaren und schliessbaren Ablauf verbunden ist oder einen solchen umfasst.

5 40. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung einen Fluid-Fluid-Wärmetauscher umfasst, insbesondere, dass die Heizeinrichtung einen Wasser-Wasser-Wärmetauscher umfasst, und/oder dass die Heizeinrichtung eine elektrische Wasserheizung umfasst.

41. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung, insbesondere die elektrische Wasserheizung, mindestens teilweise im Wassertank angeordnet ist.

15 42. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran eine mikroporöse Membran mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.5 Mikrometern ist, insbesondere eine mikroporöse Membran mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 0.25 Mikrometern ist, und insbesondere eine mikroporöse Membran mit einem nominellen Porendurchmesser mit einem nominellen Porendurchmesser von 0.1 Mikrometer bis 0.2 Mikrometer ist, wobei die Membran vorzugsweise eine hydrophobe Membran ist, und insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (1) aus mehreren Membranelementen (60) nach einem der Ansprüche 46 bis 60 gebildet ist.

43. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zum Einblasen von Luft in den Wasserstrom vor oder beim Eintritt des Wassers in den Behälter aufweist und insbesondere, dass die Steuerung zur Steuerung der Mittel zum Einblasen von Luft ausgestaltet ist, und insbesondere zur wahlweise kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Einblasung von Luft auf der Wasserseite ausgestaltet ist.

44. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftbefeuchtungsvorrichtung Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung auf der Luftseite aufweist, insbesondere, dass das Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung auf der Luftseite von einer Struktur zur Verstärkung der Membran gebildet ist.

45. Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter mit der Membran derart angeordnet ist, dass das Wasser von unten nach oben entgegen der Schwerkraft an der Membran vorbeiströmt.

46. Membranelement (60) für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung, insbesondere für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 45, 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 mindestens einseitig flächig angeordnet ist, und an welchem Rahmen das Membranmaterial bevorzugt 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 (71) als Wasserzufluss und mindestens eine zweite Öffnung (72) als Wasserablass 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.

47. Membranelement nach Anspruch 46, wobei mehrere Stege (67) vorgesehen sind, deren erste Abschnitte (68) abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenwänden (62'' und 64'') des Rahmens ausgehend angeordnet sind.

48. Membranelement nach Anspruch 46 oder 47, 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.

49. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 48, wobei bei dem Steg oder mindestens einem der Stege (67) das Ende (58) des ersten Abschnittes (68) abgerundet ausgebildet ist.

50. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 50, 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.

51. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 50, wobei an der inneren Seitenwand benachbart zur der den Wassereinlass bildenden Öffnung eine Ausformung vorgesehen ist.

52. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 51, wobei das Membranelement an zweiten Abschnitten (69) geringerer Dicke (D1) innerhalb der von diesen Abschnitten geringerer Dicke gebildeten Wasserdurchlässen Ausformungen (56) aufweisen, welche eine Fläche zur Be-

festigung des Membranmaterials innerhalb der Wasserdurchlässe bereitstellen, insbesondere, dass jeweils beidseits eines jeweiligen zweiten Abschnitts eine Ausformung (56) vorgesehen ist.

5 53. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 52, 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.

10 54. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 53, 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.

 55. Membranelement nach einem der Ansprüche 46 bis 54, wobei das Membranmaterial (M) ein Material mit einem nominellen Porendurchmesser im Bereich von 0.05 bis 20 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.

 56. Membranelement nach einem der Ansprüche 30 46 bis 55, 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.

35 57. Membranelement für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung, insbesondere für eine Luftbefeuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 45, 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 Spanrahmen (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 Spanrahmens aufliegend an diesem durch Schweissung oder Laminierung oder Klebung befestigt ist.

58. Membranelement nach Anspruch 57, 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.

59. Membranelement nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran auf die äussere Stützstruktur auflaminiert ist, oder, dass die Membran auf einer äusseren Stützstruktur lose aufliegt.

60. Membranelement nach einem der Ansprüche 57 bis 59, 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.

61. Membran, gebildet aus mehreren Membranelementen nach einem der Ansprüche 46 bis 60.

62. Verfahren zur Herstellung eines Membran-
elements nach einem der Ansprüche 57 bis 61, wobei die
Rahmenstege, über ihren Querschnitt gesehen, mindestens
teilweise aus einem Kunststoff spritzgegossen werden, wo-
5 bei die Membranfläche an den Stegen befestigt wird, indem
sie mit ihren Randbereichen direkt beim Spritzgiesspro-
zess in die Rahmenstege eingegossen wird.

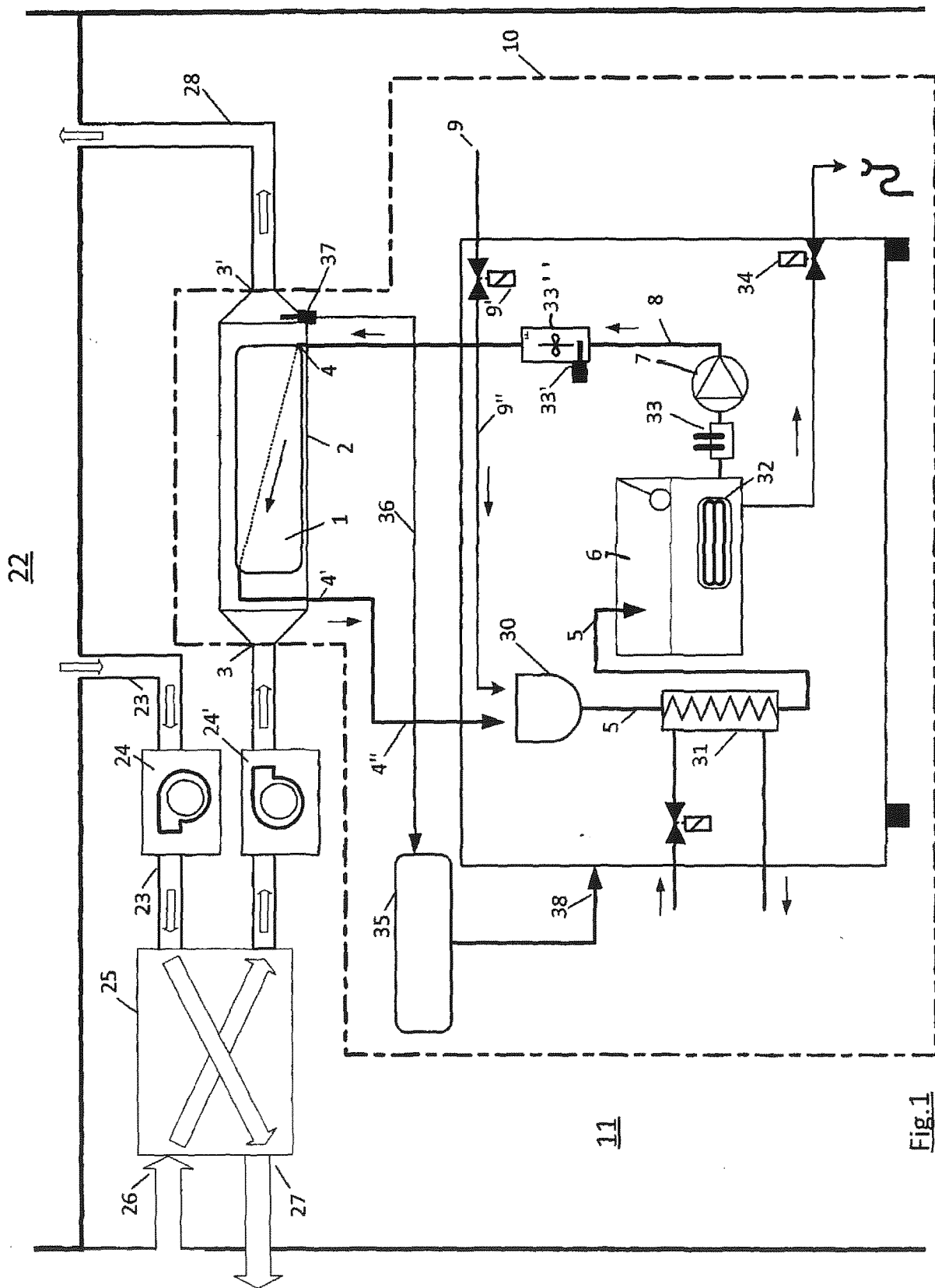


Fig. 1

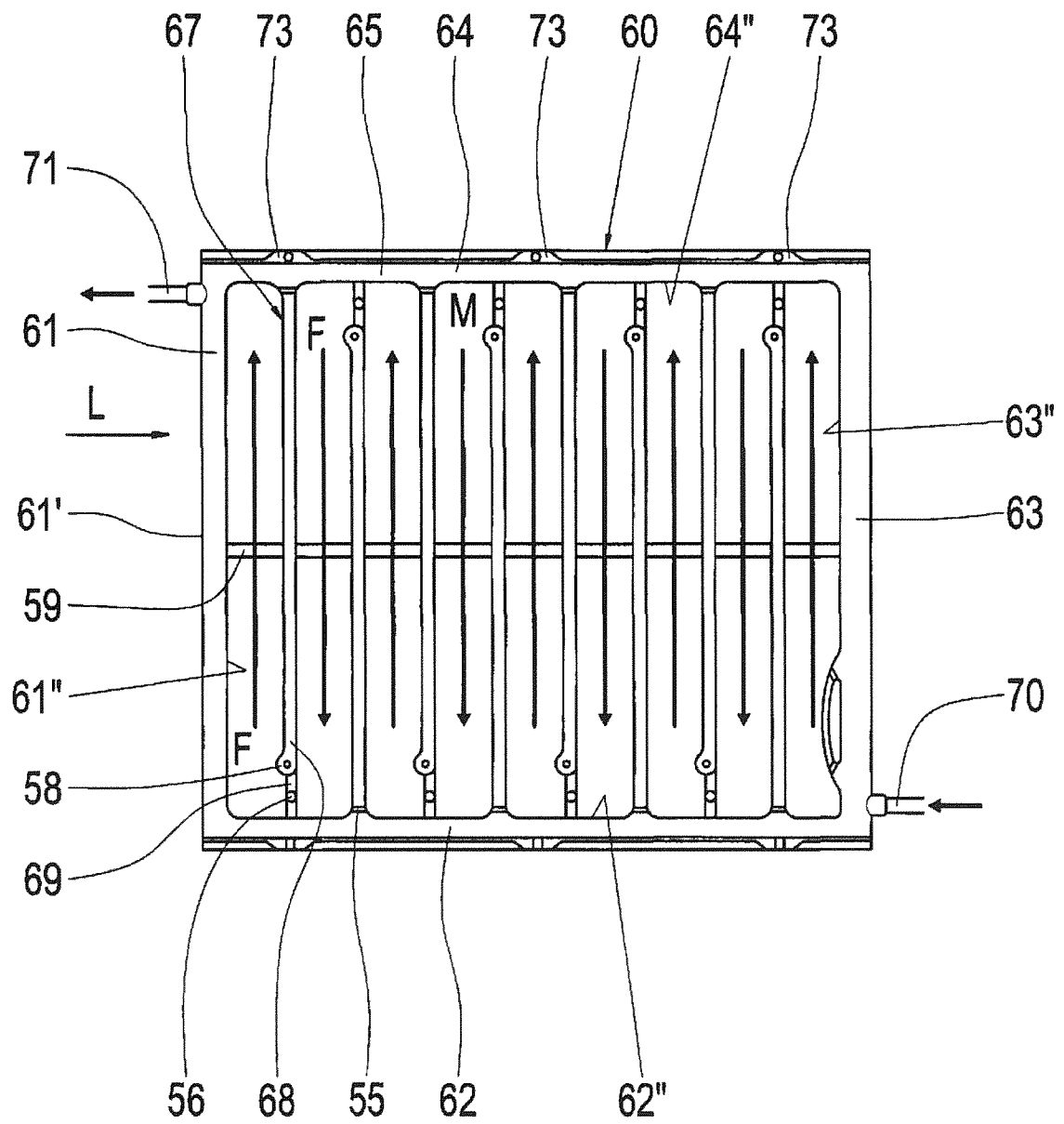


Fig. 2

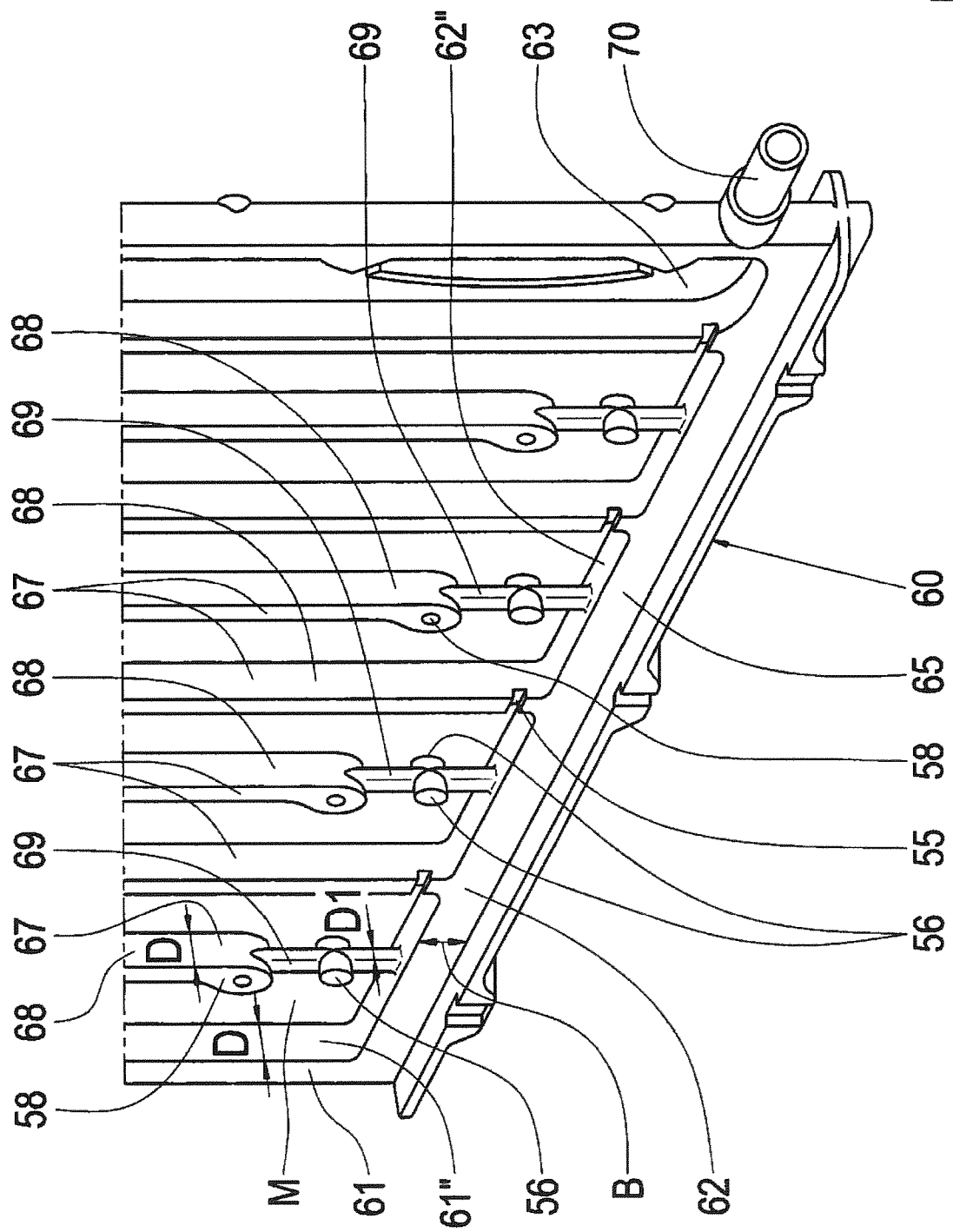


Fig. 3

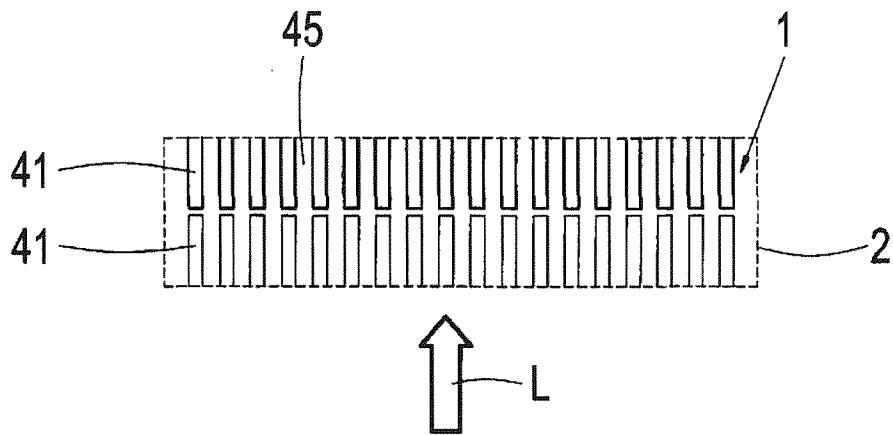


Fig. 4

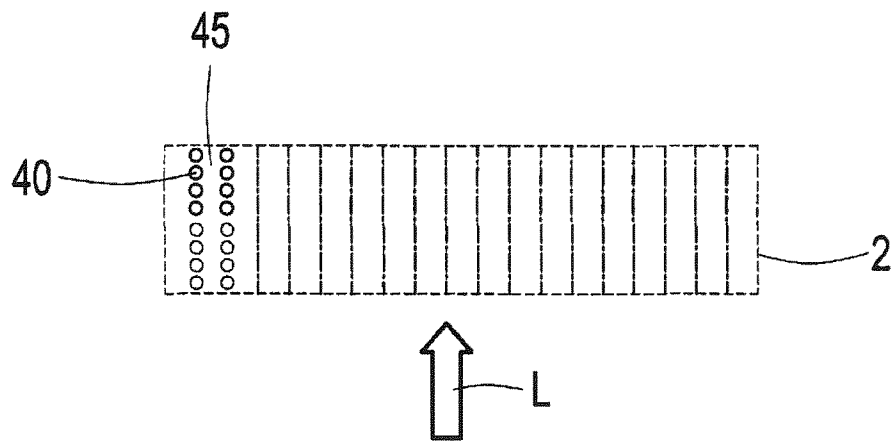


Fig. 5

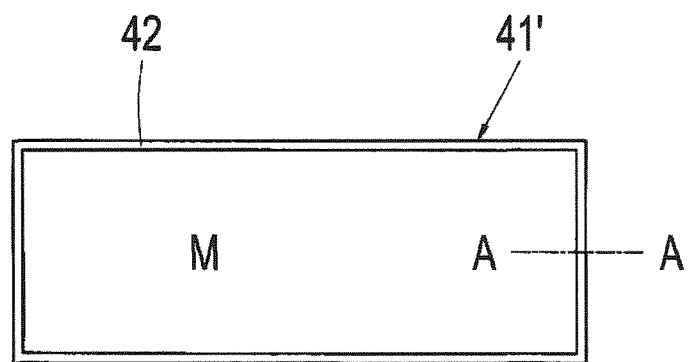


Fig. 6

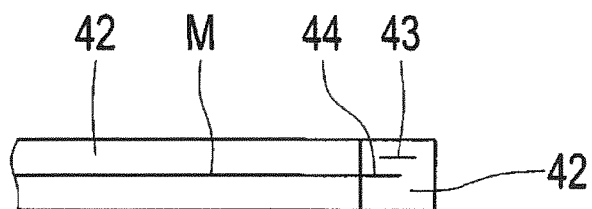


Fig. 7