

(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  
06. Dezember 2018 (06.12.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2018/220027 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F24F 3/14 (2006.01) C09K 5/04 (2006.01)  
F24F 5/00 (2006.01) F28F 7/02 (2006.01)  
B01D 53/02 (2006.01) F24F 12/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/064209

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Mai 2018 (30.05.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
17174210.9 02. Juni 2017 (02.06.2017) EP

(71) Anmelder: BASF SE [DE/DE]; Carl-Bosch-Strasse 38,  
67056 Ludwigshafen am Rhein (DE).

(72) Erfinder: NOERENBERG, Ralf; Benckiserplatz 1, 67059  
Ludwigshafen (DE). OPPER, Walter; Carl-Bosch-Stras-  
se 38, 67056 Ludwigshafen (DE). KARWACKI, Lukas;  
Carl-Bosch-Strasse 38, 67056 Ludwigshafen (DE). WEI-  
CKERT, Mathias; Carl-Bosch-Strasse 38, 67056 Lud-  
wigshafen (DE). MUELLER, Ulrich; Carl-Bosch-Strasse  
38, 67056 Ludwigshafen (DE).

(74) Anwalt: BASF IP ASSOCIATION; BASF SE, G-FLP -  
C006, 67056 Ludwigshafen (DE).

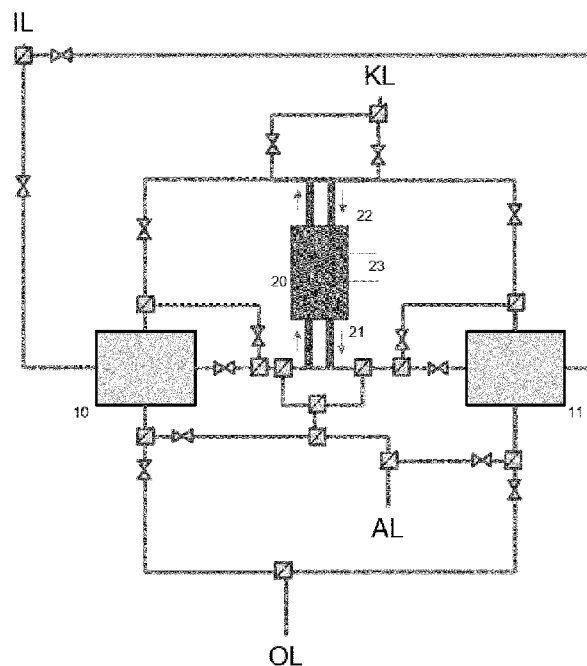
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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.

(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, 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).

(54) Title: AIR-CONDITIONING METHOD AND DEVICE

(54) Bezeichnung: KLIMATISIERUNGSVERFAHREN UND -VORRICHTUNG

Figur 1



(57) Abstract: The invention relates to an air-conditioning device,  
to a method for air conditioning, in particular for cooling and/  
or drying an air stream, an adsorption air-air-cross flow heat ex-  
changer and a facade element containing an integrated acclimatiza-  
tion device.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Klimatisie-  
rungsvorrichtung, ein Verfahren zum Konditionierung von Luft,  
insbesondere zum Kühlen und/oder Trocknen eines Luftstroms,  
einen adsorptiven Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher und ein  
Fassadenelement beinhaltend eine integrierte Klimatisierungsvor-  
richtung.



---

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

## KLIMATISIERUNGSVERFAHREN UND -VORRICHTUNG

## Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konditionierung von Fluiden, insbesondere zum Kühlen und/oder Trocknen eines Luftstroms, eine Klimatisierungsvorrichtung, einen adsorptiven Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher und ein Fassadenelement beinhaltend eine integrierte Klimatisierungsvorrichtung.
- 10 Klimaanlage sind essentielle Bestandteile der heutigen Gebäudetechnik. Im Zusammenspiel mit der Verschattung und der Glastechnik erzeugen sie unabhängig vom Außenklima ein gesundes Arbeitsklima im Innern, das durch mittlere relative Luftfeuchtigkeit und gemäßigte Temperaturen zwischen 20 und 26°C charakterisiert ist. Mittlerweile ist der Energiebedarf zum Be-
- 15 treiben des Gebäudebestands auf ca. 40% des gesamten Energieverbrauchs der Menschheit gestiegen, was neben anderen Gründen, z. B. der schlechten Isolierung geheizter Gebäude, zu einem großen Teil auch an den Klimaanlage liegt. Durch die starke Urbanisierung in feuchten und tropischen Klimaregionen und dem damit verbundenen Bau von Hochhäusern, die Klima-
- 20 anlagen zum Betrieb benötigen, steigt die Notwendigkeit, energieeffiziente Klimaanlage zu entwickeln. Dabei hat gerade in diesen Klimaregionen die Trocknung der Luft den größten Energiebedarf, weil mit der derzeitig dominierenden Kompressortechnologie die Luft unterkühlt wird, bis die erforderliche absolute Luftfeuchtigkeit erreicht wird. Diese Kompressortechnologie verwendet als Kältemittel üblicherweise halogenierte, bevorzugt teilfluorierte Kohlenwasser-
- 25 stoffe, die aufgrund ihres Klimagefährdungspotenzials unter Druck stehen. Auch alternative Kältemittel wie Kohlendioxid sind nicht besser in dieser Beziehung. Die Notwendigkeit der Wartung von Kompressoren, z.B. das Sicherstellen der Leichtgängigkeit beweglicher Teile oder Ausbalancieren von Unwuchten, Nachfüllen von Betriebs- und Verbrauchsmitteln, hat zu einer Bevor-
- 30 zugung einer zentralen Installation geführt und bisher die Entwicklung von dezentralen Klimaanlage, die ins Gebäude integriert sind und die ein quasipersonalisiertes Klima ermöglichen, verhindert. Splitgeräte für den nachträglichen Einbau sind dagegen im Markt etabliert, insbesondere im privaten Einfamilienhaus.

Auch in mobilen Anwendungen wie Zügen oder Autos, in denen Klimaanlage zur Kühlung und Entfeuchtung eingesetzt werden, spielt der Einsatz von elektrischer Energie aus den Bordnetzen eine zunehmend bedeutendere Rolle; bei Elektroautos steht der Betrieb der Klimaanlage in

35 direkter Konkurrenz zur Reichweite des Fahrzeugs.

Ein effizienterer Prozess wäre das hybride Klimatisieren, wobei der Trocknungsschritt und der Kühlungsschritt separat erfolgen. Für das Trocknen der Luft gibt es absorptive Verfahren, bei denen die Hygroskopie von z. B. Lithiumbromidlösungen ausgenutzt wird, Luftfeuchtigkeit zu

40 binden; die Recyclierung erfolgt über einen Evaporierungsschritt. Wegen der Aggressivität der besten Lösungen, Lithiumbromid und -chlorid, ist für die technische Realisierung die Verwen-

- 5      dung besonderer, nicht korrodierender Materialien notwendig, die das System teuer und wartungsaufwändig machen. Alternativ können Adsorptionssysteme verwendet werden, bei denen Luftfeuchtigkeit in einem meist festen Material wie Zeolithen oder Silikagel gebunden wird – in der Forschung (z.B. Y.D. Tu et al, nature 7, 40437; DOI 10.1038/Srep40437) werden auch Formulierungen aus Lithiumsalzen in nanoporösem Silika beschreiben; die Recyclierung erfolgt über Erwärmen der Adsorber. Die Reaktion von Wasser an den Trocknungsmitteln setzt eine große Energiemenge frei, die die Luft und das Material aufheizen und zu zusätzlicher Kühllast führt. Gleichzeitig wird Energie benötigt, um den Adsorber wieder zu regenerieren, so dass der Energieaufwand einer solchen Klimaanlage noch weiter steigt. Durch intelligente Prozessführung mit einem sogenannten Trocknungsrad, bei dem der Adsorber als dünne Schicht auf einem luftdurchströmten, sich drehenden Rad montiert ist, das während eines Teils der Umdrehung mit heißer Luft regeneriert wird, lässt sich die Aufheizung und der für die Regenierung zusätzlich benötigte Energiebedarf reduzieren, wie zB in der DesiCool ®-Anlage von Munters. Die Übertrocknung der Luft macht allerdings eine Rückbefeuchtung der Luft notwendig, die durch evaporative Kühlung den Kühlstrom reduziert, aber durch die Verwendung von flüssigem Wasser hygienische Bedenken wegen der mögliche Einnistung und Vermehrung von gesundheitsschädlichen Bakterien auslösen kann. Der apparative Aufwand dieser Klimaanlagen mit mehreren drehenden Teilen birgt die Gefahr eines großen Wartungsaufwands.
- 10      EP 1 408 286 beschreibt eine Klimaanlage bestehend aus zwei adsorptiven Luft-Luft-Wärmetauschern oder einem sich drehenden adsorptiven Wärmerad und einer Kompressionseinheit. Es wird beschrieben, dass im Adsorptionsmodus die Außenluft in einem adsorptiven Wärmetauscher entfeuchtet und anschließend in der Kompressionseinheit gekühlt wird. Es wird ferner beschrieben, dass der adsorptive Wärmetauscher während des Adsorptionsmodus von weiterer Außenluft durchströmt wird, die die latente Wärme aufnimmt und somit die Erwärmung des Wärmetauschers und der zu konditionierenden Innenluft begrenzt. Diese erwärmte Außenluft wird im Regenerationsmodus in der Kompressionseinheit weiter erwärmt, durchläuft den beladenen adsorptiven Wärmetauscher und trägt den verdunstete Wasserdampf nach draußen. Wenn der adsorptive Wärmetauscher als Wärmerad ausgelegt wird, kann der Adsorptions- und Regenerationsmodus als Gegenstromprozess ausgelegt werden. Als Adsorbermaterial werden Zeolithe, Silikagel und Anionenaustauschharz offenbart.
- 15      EP 2 385 318 beschreibt eine Klimaanlage bestehend aus einem adsorptiven Luft-Wasser-Wärmetauschern und einem Luftwärmetauscher, der ohne eine Kompressoreinheit auskommt. Das Problem der Kondenswasser-Bildung wird dadurch gelöst, dass in dem adsorptiven Wärmetauscher die Luftfeuchtigkeit als Adsorbat gespeichert wird und in einem nachfolgenden Trocknungsschritt wieder als Luftfeuchtigkeit freigesetzt wird. Die Probleme mit der Kapazität der Trockner, der Wärmeentwicklung durch Adsorptionseenthalpie und der Übertrocknung der Luft wird durch Beimischung von feuchterer, temperierter Innenluft zu der getrockneten Luft reduziert, bevor die gesamte Luftmenge durch eine Kaltwasserleitung temperiert wird. Die Kühlung im Luftwärmetauscher wird mit Wasser bei 15 °C durchgeführt. Zum Austragen des Adsorbats
- 20      25      30      35      40

wird im Regenerationsmodus Innenluft durch ein Heizelement aufheizt und durch den Regenerationsteil des Trocknungsrads geleitet wird. Als Adsorbermaterial werden Zeolithe, Silikagel, Aktivkohle oder organische Polymere mit einer hydrophilen funktionalen Gruppe offenbart.

5      Nachteilig an dem in EP 2 385 318 offenbarten Verfahren ist, dass zwingend die Außenluft bei der Konditionierung mit einem Teil der vorhandenen Innenluft gemischt werden muss, wodurch sich Geruchstoffe und Krankheitserreger anreichern können.

US 6,199,392 beschreibt eine Klimaanlage bestehend aus einem sich drehenden adsorptiven Wärmerad mit zwei Fließpassagen, mehreren Wärmetauschern und einer Kompressoreinheit.

10      Es wird beschrieben, dass in der Konditionierungsrichtung die Außenluft in dem adsorptiven Wärmerad entfeuchtet und anschließend in der Kompressionseinheit gekühlt wird und in der Regenerationsrichtung Außenluft oder verbrauchte Innenraumluft in der Kompressionseinheit erhitzt und dann teilweise die eine Hälfte des beladenen Abschnitts des Wärmerads durchläuft und teilweise weiter erhitzt wird und die andere Hälfte des beladenen Abschnitts des Wärmerads durchläuft. Durch diese stufenweise Regeneration kann mit reduziertem Energieaufwand ein hoher Regenerationsgrad erreicht werden, so dass die Kapazität der Trocknungsräder erhöht werden kann. Es werden keine Adsorbermaterial namentlich genannt. Nachteilig ist, dass im adsorptiven Wärmerad die Adsorptionswärme nicht genutzt wird. Außerdem ist die getrocknete Luft zu trocken und muss für die Verwendung im Raum befeuchtet werden.

20      Damit sich der absorptive Wärmetauscher bei der Adsorption nicht erwärmt, wird in DE 10 2009 050 050 vorgeschlagen, einen Sorptionswärmetauscher einzusetzen, der eine Sorptionsseite und eine Kühlseite aufweist, so dass während der Adsorption die entstehende Adsorptionswärme auf ein Kühlfuid, z.B. einen als Aerosol ausgebildeten Wärmeträger, übertragen wird.

25      Nachteilig ist, dass die Adsorptionswärme nicht genutzt wird.

In ähnlichem Sinn wird von Kubota et al. (Appl. Thermal Eng. 122 (2017) 618-625) ein Versuchsaufbau beschrieben, in dem mit einem adsorbatbeschichteten Luft-Luft-Wärmetauscher die feuchte Außenluft getrocknet werden kann. Die in der Schrift veröffentlichten Beispiele zeigen, dass durch einen mit Adsorptionsmittel beschichteten Wärmetauscher die Luft getrocknet werden kann. Die Veröffentlichung beschreibt jedoch keinen vollständigen Aufbau, mit dem ein kontinuierlicher Prozess zur Trocknung und Temperierung der Außenluft inklusive Regeneration der Adsorber möglich ist. Ferner wird eine mögliche Integration der Adsorptionswärme in den Wärmekreislauf der Vorrichtung nicht thematisiert. Die in der Veröffentlichung beschriebene

30      lange Leitung in der Zuführung der Außenluft in den beschichteten Wärmetauscher steht außerdem einer kommerziellen Nutzung, die eine kompakte Ausführung voraussetzt, im Wege.

Ein Herausforderung der Adsorptionsmittel-basierten Klimaanlage ist ferner die hohe Temperatur, die zu einer effizienten Regenerierung des Adsorptionsmittels benötigt wird. Bei den üblicherweise verwendeten Zeolithen sind dies 140 bis 200 °C. Einige Veröffentlichung beschreiben, dass eine Regenerierung der Adsorber bei tieferen Temperatur möglich ist, jedoch müssen in diesem Fall größere Mengen Luft und/oder bereits vor-getrocknete Luft verwendet werden

40

(Kubota et al., Appl. Thermal Eng. 122 (2017) 618-625, und Wang et al. Intern. Journal of Thermal Science 126 (2018) 13-22).

5 In Energy Procedia 78 (2015) 3471-3476 beschreiben Portia Murray et al. eine dezentrale Klimatisierende Lüftungseinrichtung unter Verwendung von einem rotierenden Trocknungsrad und einem rotierenden Wärmeübertragungsrad. Die Trocknung der Luft (latente Kühlung) findet bei diesem Aufbau allerdings ausschließlich durch eine Kühlwasserleitung statt.

10 Ferner ist problematisch, dass die Adsorbereigenschaft des thermodynamische Trocknungsgleichgewicht „Wasser (gasförmig) zu im Adsorptionsmittel gebundenes Wasser“ bei den im Stand der Technik genannten Adsorptionsmitteln stark auf der Seite des gebundenen Wassers liegen, so dass es zu einer Übertrocknung kommt, die dann in einem weiteren Schritt durch Zumischung von Wasser kompensiert werden muss. Dieser zweite Schritt ist nicht nur apparativ aufwendig und energieintensiv, dieser Schritt birgt auch die Gefahr eines möglichen Einnistens  
15 und Vermehrens von gesundheitsschädlichen Bakterien. Des Weiteren wird bei den Adsorptionsmittel-basierten Klimaanlage eine hohe Adsorptionswärme frei, die bislang nur ineffizient in den Wärmekreislauf integriert wird.

20 WO 99/36733 offenbart als Trocknungsmittel poröse Aluminiumphosphate mit der allgemeinen chemischen Formel  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{k}(\text{P}_2\text{O}_5)$  mit  $k=1.0 \pm 0.2$ , sogenannte Sapo-Zeolithe, die sich bei 120-140°C regenerieren lassen und so die Möglichkeit einer energie-effizienten Klimaanlage bieten.

25 In der EP 2 230 288 wird die Verwendung von poröses metallorganisches Gerüstmaterial, sogenannte MOFs, als Adsorptionsmaterial für Kälte/Wärmemaschine beschrieben. Im Vergleich zu den üblicherweise verwendeten Zeolithen weisen diese MOFs höhere Kapazitäten und geringere Regenerationstemperaturen auf.

30 Ferner wird in der Europäischen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 15195166.2 die Verwendung von porösen metallorganischen Gerüstmaterialien als Adsorptionsmaterial in einem Ventilationssystem offenbart.

35 Aufgrund des generellen großen Bedarfs an Klimaanlage und des immer noch hohen Energiebedarfs für den Betrieb dieser Anlagen besteht ein großes Interesse an energie-effizienteren Klimaanlage, die vorteilhaft apparativ einfach gestaltet sind und ferner vorteilhaft kompakt aufbaubar sind.

40 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist demnach, einen thermodynamisch günstiger Betrieb einer Klimatisierungsvorrichtung zu realisieren, indem möglichst weder eine Übertrocknung noch eine Überkühlung unnötige Energie verbraucht. Es soll eine möglichst isotherme Prozessführung der Trocknung realisiert werden, so dass der nachfolgende Kühlbedarf reduziert wird.

Ferner soll die Adsorptionswärme in den Wärmekreislauf der Vorrichtung integriert werden. Ferner soll die energieintensive Regeneration so effektiv wie möglich realisiert werden. Ferner soll ein vollständiges System, das sowohl adsorptive Trocknung, energieeffiziente Regenerierung als auch geringen Wartungsaufwand und die Vermeidung von flüssigem Wasser kombiniert, aufgezeigt werden.

Weiter liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Klimatisierungsvorrichtung aufzuzeigen, die eine effektive Arbeitsweise bei reduziertem apparativen Aufwand und wenig mechanischen Elementen realisiert. Ferner soll eine einfachere Steuerung realisierbar sein.

Weiter liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Klimatisierungsvorrichtung aufzuzeigen, in der die Luftströme – Prozessluft und Innenabluft – getrennt voneinander gehalten werden, so dass eine 100 % Frischluftzufuhr gewährleistet werden kann.

Weiter liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Klimatisierungsvorrichtung aufzuzeigen, die kompakt und wartungsarm ist.

Weiter liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Klimatisierungsvorrichtung aufzuzeigen, die ohne Kompressoren auskommt.

Die Aufgabe konnte mit folgendem Verfahren zum Konditionieren eines Fluids, insbesondere zum Trocknen und/oder Kühlen von Außenluft, gelöst werden, dass folgende Schritte umfasst:

- (a) Strömen des Prozessfluids, vorteilhaft Außenluft, durch die Sorptionskanäle eines ersten absorptiven Wärmetauschers, bevorzugt Kreuzstromwärmetauschers,
- (b) Trocknen des Prozessfluids im ersten absorptiven Wärmetauscher,
- (c) Strömen des getrockneten Prozessfluids zu der kalten Seite einer Kälte-Quelle
- (d) Kühlen des getrockneten Prozessfluids in einer Kälte-Quelle,
- (e) Strömen des getrockneten und gekühlten Prozessfluids in den zu konditionierenden Bereich,
- (f) Paralleles Strömen des Regenerationsfluids, vorteilhaft Abluft aus dem zu konditionierenden Bereich, durch die Wärmetauscherkanäle des ersten absorptiven Wärmetauschers,
- (g) Aufnahme der Adsorptionswärme durch das Regenerationsfluid,
- (h) Strömen des erwärmten Regenerationsfluids zu der warmen Seite einer Wärme-Quelle,
- (i) Weiteres Erwärmen des Regenerationsfluids in der Wärme-Quelle,
- (j) Strömen des erhitzten Regenerationsfluids durch die Sorptionskanäle eines zweiten absorptiven Wärmetauschers, vorteilhaft Kreuzstromwärmetauschers,
- (k) Verdampfen der im zweiten absorptiven Wärmetauscher eingelagerten Adsorbate und Aufnahme dieser Adsorbate durch das Regenerationsfluid,
- (l) Strömen des feuchten Regenerationsfluids in einen Außenbereich.

Die Sorptionskanäle weisen Adsorptionsmaterial auf. Die Wärmetauscherkanäle weisen vorteilhaft weniger als 5% Adsorptionsmaterial im Bezug auf die Beladung der Sorptionskanäle mit Adsorptionsmaterial auf. Vorteilhaft weisen die Wärmetauscherkanäle kein Adsorptionsmaterial auf.

5

Vorteilhaft weist das Adsorptionsmaterial eine Dichte von 0,2 bis 2 g/cm<sup>3</sup> auf, bevorzugt 0,3 bis 1,5 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere 0,3 bis 1 g/cm<sup>3</sup>.

10

Die Strömungsgeschwindigkeit wird vorteilhaft in Abhängigkeit vom Gesamt-Strömungsquerschnitt des Wärmetauschers bestimmt. Typische Strömungsgeschwindigkeiten sind 30 bis 150 m<sup>3</sup>/h, vorteilhaft 50 bis 100 m<sup>3</sup>/h, für dezentrale, kleine Klimaanlage. Typische Strömungsgeschwindigkeiten sind 1000 bis 30000 m<sup>3</sup>/h, vorteilhaft 1500 bis 20000 m<sup>3</sup>/h, für zentrale, große Klimaanlage.

15

Vorteilhaft wird das Prozessfluid vor dem Durchströmen des Wärmetauschers gefiltert und von Partikeln und/oder Tröpfchen gereinigt.

Vorteilhaft wird das Prozessfluid vor dem Durchströmen des Wärmetauschers über eine Vorrichtung zur Schalldämpfung geleitet, die die Außengeräusche minimiert.

20

Als Wärme- bzw. Kälte-Quellen können, Wärmepumpen auf Basis von Kompressoranlagen, thermisch oder elektrisch angetriebenen, bevorzugt solarthermisch angetriebenen Absorptions- oder Adsorptionsanlagen oder Wasserleitungen, optional mit Heizvorrichtungen, eingesetzt werden, vorteilhaft Wasserleitungen und Adsorptionswärmepumpen oder Kombinationen davon.

25

Die Heizvorrichtungen können vorteilhaft elektrisch oder solarthermisch betrieben werden. Zu den geeigneten Heiz- und Kühlvorrichtungen gehören außerdem rein elektrisch betriebene Bauteile wie beispielsweise Peltierelemente, Magnetokalorische Elemente, elektrische Draht- und Flächenheizungen. Unter „kalter Seite der Wärme-Kälte-Quelle“ wird der Kaltpol verstanden, bei Kompressoranlagen die Verdampfer-Seite. Unter „warmer Seite der Wärme-Kälte-Quelle“ wird

30

der Warmpol verstanden, bei Kompressoranlagen die Kondensator-Seite.

Zur Konditionierung eines Fluids, bevorzugt von Außenluft, werden mindestens zwei Sorptionswärmetauscher benötigt, um einen quasikontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten. In einem der zwei Sorptionswärmetauscher findet die Adsorption, d.h. Entfeuchtung statt, während der andere Sorptionswärmetauscher parallel regeneriert wird. Es befindet sich danach jeweils mindestens ein Sorptionswärmetauscher in der Adsorptionsphase und mindestens ein Sorptionswärmetauscher in der Regenerationsphase.

35

40

Da die Sorptionswärmetauscher nur eine bestimmte Menge Feuchtigkeit aufnehmen können und die Geschwindigkeit der Adsorption mit steigender Beladung abnimmt, wechseln die Phasen Adsorption und Regeneration vorteilhaft zyklisch. Somit kann ein quasikontinuierlicher Betrieb sichergestellt werden.



- Durch Einstellung der Zykluszeit kann in Abhängigkeit vom gewählten Sorptionsmaterial und der Größe der adsorptiven Wärmetauscherflächen die gewünschte Konditionierung eingestellt und somit an das entsprechende Klima angepasst werden. Die gewünschte Konditionierung ist in den unterschiedlichen Klimaregionen anders, z.B. überwiegt in küstennahen Gebieten die
- 5 Entfeuchtung, in inländischen Gebieten die Kühlung. Typischerweise liegt der Zyklus bei 5 min bis 1h. Vorteilhaft werden Sensoren, die Temperatur und/oder Luftfeuchtigkeit messen können, verwendet, um die Umschaltzeit auf das aktuelle Wetter zu optimieren. Vorteilhaft sind diese Sensoren in den Leitungen verbaut.
- 10 Vor der Adsorptionsphase kann ggf. der regenerierte absorptive Wärmetauscher gekühlt werden. Diese Kühlung kann durch ein Durchströmen von einem Regenerationsfluids, vorteilhaft Abluft aus dem zu konditionierenden Bereich, oder durch ein Durchströmen von getrockneten und gekühlten Prozessfluid, d.h. die konditionierte Luft, erfolgen. Ferner könnte diese Kühlung auch durch ein Durchströmen mit der Außenluft erfolgen. Vorteilhaft werden ausschließlich die
- 15 Wärmetauscherkanäle des zu kühlenden Wärmetauscher durchströmt. Diese Kühlphase dauert vorteilhaft 1 min bis 5 min. Vorteilhaft braucht diese Kühlphase ungefähr 1 bis 20 % eines Zyklus. In der Kühlphase wird der regenerierte absorptive Wärmetauscher vorteilhaft von einer Temperatur von 80 bis 100°C auf eine Temperatur von 25 bis 35°C gekühlt.
- 20 Vorteilhaft wird das Strömen des Prozessfluids durch die Sorptionskanäle eines ersten absorptiven Wärmetauschers und das Strömen des Regenerationsfluids durch die Wärmetauscherkanäle des ersten absorptiven Wärmetauschers vor der Kühlphase des zweiten Wärmetauschers unterbrochen.
- 25 Nach der optionalen Kühlphase finden folgende Schritte statt:
- (m) Gegebenenfalls Unterbrechen des Strömens des Prozessfluids und des Regenerationsfluids in den ersten adsorptiven Wärmetauscher, sofern dies noch nicht stattgefunden hat,
  - (n) Strömen des Prozessfluids durch die Sorptionskanäle eines zweiten absorptiven Wärmetauschers,
  - (o) Trocknen des Prozessfluids im zweiten absorptiven Wärmetauscher,
  - (p) Strömen des getrockneten Prozessfluids zu der kalten Seite einer Kälte-Quelle,
  - (q) Kühlen des getrockneten Prozessfluids in einer Kälte-Quelle
  - (r) Strömen des getrockneten und gekühlten Prozessfluids in den zu konditionierenden Bereich
  - (s) Paralleles Strömen des Regenerationsfluids durch die Wärmetauscherkanäle des zweiten absorptiven Wärmetauschers,
  - (t) Aufnahme der Adsorptionswärme durch das Regenerationsfluid,
  - (u) Strömen des erwärmten Regenerationsfluids zu der warmen Seite einer Wärme-Quelle,
  - (v) Weiteres Erwärmen des Regenerationsfluids in der Wärme-Quelle,
  - (w) Strömen des erhitzten Regenerationsfluids durch die Sorptionskanäle eines ersten absorptiven Wärmetauschers,

- (x) Verdampfen der im ersten absorptiven Wärmetauscher eingelagerten Adsorbate und Aufnahme dieser Adsorbate durch das Regenerationsfluid,
- (y) Strömen des feuchten Regenerationsfluids in einen Außenbereich.

- 5 Bevorzugt wird nach diesen Schritten (m) bis (y) erneut das Strömen des Prozessfluids und des Regenerationsfluids unterbrochen. Ferner wird vor einem erneuten Durchgang der Schritte (a) bis (l) der erste absorptive Wärmetauscher gegebenenfalls gekühlt.

- 10 Vorteilhaft weist das Prozessfluid, insbesondere Außenluft, eine Temperatur von 10 bis 50°C, bevorzugt von 25 bis 35°C auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 bis 100% auf. Nach der Adsorption im absorptiven Wärmetauscher weist das Prozessfluid vorteilhaft eine Temperatur von 20 bis 45°C, bevorzugt von 25 bis 40°C, auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 25 bis 35%, bevorzugt von 28 bis 33% auf. Nach der Konditionierung durch die kalte Seite der Wärme-  
15 Kälte-Quelle weist das Prozessfluid vorteilhaft eine Temperatur von 18 bis 25°C, bevorzugt von 22 bis 24°C, auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 bis 55%, bevorzugt von 45 bis 55%, auf.

- Vorteilhaft weist das Regenerationsfluid, vorteilhaft Abluft aus dem zu konditionierenden Bereich, eine Temperatur von 25 bis 30°C auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 bis 80%,  
20 bevorzugt von 60 bis 75%, auf. Nach der Wärmeübertragung im absorptiven Wärmetauscher weist das Regenerationsfluid vorteilhaft eine Temperatur von 25 bis 45°C, bevorzugt von 25 bis 40°C, auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 30 bis 70%, bevorzugt von 35 bis 60%, auf. Nach der Konditionierung durch die warme Seite der Wärme-Kälte-Quelle weist das Regenerationsfluid vorteilhaft eine Temperatur von 60 bis 100°C, bevorzugt von 70 bis 95°C, auf und eine  
25 relative Luftfeuchtigkeit von 1 bis 10%, bevorzugt von 3 bis 7%, auf. Nach der Regenerierung des zweiten absorptiven Wärmetauschers weist das Regenerationsfluid vorteilhaft eine Temperatur von 30 bis 50°C, bevorzugt von 33 bis 45°C, auf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 bis 95%, bevorzugt von 80 bis 95%, auf.

- 30 Optional kann dem getrockneten und gekühlten Prozessfluid, d.h. dem konditionierten Prozessfluid, bevor dieses in den zu konditionierenden Bereich strömt, Innenluft zugemischt werden. Vorteilhaft liegt bei einer solchen Zumischung das Verhältnis getrocknetes und gekühltes Prozessfluid zu Innenluft bei 1 bis 60, bevorzugt von 10 bis 40.

- 35 Vorteilhaft wird jedoch zu 100 % getrocknetes und gekühltes Prozessfluid in den zu konditionierenden Bereich eingebracht.

- Optional durchläuft das getrocknete und gekühlte Prozessfluid eine Adsorptionsvorrichtung vor dem Einbringen in den zu konditionierenden Bereich. Durch diese Adsorptionsvorrichtung können  
40 Schwankungen in der relativen Luftfeuchtigkeit ausgeglichen werden.

Eine mögliche Verschaltung der verschiedenen Fluidströme ist in der Figur 1 gezeigt.

Erfindungsgemäße Vorrichtungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie außer elektrisch ansteuerbaren Ventilen oder Lüftungsklappen keine beweglichen, insbesondere rotierenden Teile enthalten. Die absorptiven Wärmetauscher, bevorzugt Kreuzstromwärmetauschers, in denen die Trocknung der Luft stattfindet, und die Wärme-Kälte-Quelle, in denen die Temperierung der Zu-

5      luft und der Regenerationsluft stattfinden, werden ausschließlich über Verbindungsstücke, z.B. feste Rohrleitungen oder bewegliche Schläuche, miteinander verbunden.

Vorteilhaft sind die erfindungsgemäßen Vorrichtungen besonders kompakte Geräte. Unter „kompakt“ wird dabei eine besonders kleine Bauform verstanden, charakterisiert durch eine

10      Langdimension von 300 cm bis 60 cm, bevorzugt 200 cm bis 80 cm, bevorzugt 120 cm bis 100 cm, einer zweiten Langdimension von 200 cm bis 50 cm, bevorzugt 120 cm bis 60 cm, bevorzugt 100 cm bis 70 cm und einer dritten Dimension von 100 cm bis 25 cm, bevorzugt 50 cm bis 25 cm, bevorzugt 35 cm bis 25 cm.

Bei der Verwendung von engen Rohrleitungen, d.h. der durchströmende Querschnitt ist mindestens 30 % kleiner als der Strömungsquerschnitt des Wärmetauschers, ist es vorteilhaft, das Strömungsverhalten der Luft durch den Wärmetauscher zu optimieren, damit alle Kanäle mit ähnlichem Druck durchströmt werden. Dazu werden vorteilhaft direkt, d.h. vorteilhaft im Abstand von 1 bis 10 cm, vor den Wärmetauschern Elemente eingefügt, die die Luftströmung auffächern und/oder laminarisieren. Beispielhaft sind Filter, Gitter und/oder Raster genannt, die ggf. in Verbindung mit konischen Verbindungsstücken verwendet werden können, oder mit Ventilen und/oder Lüftungsklappen ausgerüstete Mehrwegesysteme, die systematisch unterschiedliche Kanalsystem eines Wärmetauschers während eines Zyklus ansprechen können. Die in der Literatur beschriebenen langen Zuleitungen, die den Luftstrom laminarisieren und auf die Passage durch

15      den Wärmetauscher vorbereiten, können dadurch entfallen.

20      25

Die Erfindung ist neben Wasser auch für andere Sorbate anwendbar.

Bevorzugte Adsorptionsmittel zeigen eine hohe Selektivität, um polare Dampfmoleküle aus Gasen zu adsorbieren. Die Fähigkeit, Wasserdampf von feuchter Luft zu adsorbieren, weisen folgende Materialien auf: modifizierter Kohlenstoff (Aktivkohle), Kieselgele, aktiviertes Aluminiumoxid, aktiviert Bauxit, Molekularsiebe und metallorganische Gerüstmaterialien (MOFs), in Oxiden, z.B. Siliziumoxid fixierte Lithiumsalze.

30      35

Vorteilhaft werden metallorganische Gerüstmaterialien verwendet, die wasseradsorbierende Eigenschaften aufweisen, und/oder modifizierter Kohlenstoff (Aktivkohle).

MOFs sind den klassischen Adsorbermaterialien wie Kieselgele oder Zeolithen in mehreren Eigenschaften überlegen: (i) Sättigungskapazität: Zeolithe benötigen 10 kg Adsorptionsmaterial pro Liter Wasser während MOFs 1 bis 2 kg Adsorptionsmaterial pro Liter Wasser benötigen, (ii)

40

Regenerationstemperatur: Zeolithe benötigen 140 bis 170°C während MOFs 70 bis 80°C benötigen, (iii) Adsorptionsenthalpie: MOFs setzen durchschnittlich 20-30 % weniger Adsorptionswärme frei.

- 5 Ein für die vorliegende Erfindung wichtiger Vorteil ist das thermodynamische Trocknungsgleichgewicht „Wasser (gasförmig) zu im Adsorptionsmittel gebundenes Wasser“: Bei den MOFs liegt dieses Gleichgewicht im Vergleich zu den Zeolithen weniger weit auf der Seite des gebundenen Wassers. So kann bei dem Einsatz von MOFs eine Übertrocknung vermieden werden. Ferner kann dadurch eine Rückbefeuchtung mit den genannten Problemen komplett vermieden werden.  
10 Ferner kann bei dem Einsatz von modifiziertem Kohlenstoff (Aktivkohle) ebenso eine Überhitzung vermieden werden.

- Vorteilhaft können als wasseradsorbierende MOFs die MOFs aus der folgenden Gruppe einzeln oder als Mischung eingesetzt werden: HKUST-1, MOF-804, Basolite A120, BASOLITE® A520,  
15 MIL-160, MOF-841, UIO-66, DUT-67 und/oder MOF-801.

Vorteilhaft weisen die wasseradsorbierende MOFs ferner eine Zyklusstabilität von > 100.000 auf, wobei ein Zyklus aus den Modi Adsorption und Regeneration besteht.

- 20 Vorteilhaft können als wasseradsorbierende und zyklusstabile MOFs die MOFs aus der folgenden Gruppe einzeln oder als Mischung eingesetzt werden: BASOLITE® A520, MIL-160, MOF-841, UIO-66, DUT-67 und/oder MOF-801.

- Insbesondere sind Aluminium-Fumarat-MOF, das im Handel als BASOLITE® A520 erhältlich ist  
25 und MIL160 als Adsorptionsmaterial geeignet.

- MOFs lassen sich aus kostengünstigen Reagenzien leicht herstellen und haben eine ausreichende Wasserstabilität. MOFs sind im Stand der Technik bekannt und beispielsweise in der  
30 US 5,648,508, EP-A-0 790 253, M. O'Keeffe et al., J. Sol. State Chem., 152 (2000), Seite 3 bis 20, H. Li et al., Nature 402, (1999), Seite 276, M. Eddaoudi et al., Topics in Catalysis 9, (1999), Seite 105 bis 111, B. Chen et al., Science 291, (2001), Seite 1021 bis 1023, DE-A-101 11 230, DE-A 10 2005 053430, WO-A 2007/054581, WO-A 2005/049892 und WO-A 2007/023134 beschrieben.

- 35 Das Adsorptionsmaterial, insbesondere die MOFs, kann als pulverförmiges Material, Granulate, Formkörper oder Monolithen bereitgestellt werden und kann beispielsweise in einem Gehäuse als Matrix, als Beschichtung oder als eine Füllung wie einem Füllbett oder einem bewegten Bett angeordnet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Sorptionsmaterial als Beschichtung auf einem Substrat, vorteilhaft den Wänden und/oder Einbauten der Sorptionskanäle des adsorptiven Wärmetauschers, abgeschieden. Das Sorptionsmaterial kann mit oder ohne Bindemittel beschichtet werden. Das Substrat besteht vorzugsweise aus Metall.

5

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Klimatisierungsvorrichtung zum Konditionieren eines Fluids, bevorzugt zum Kühlen und/oder Trocknen von Luft, mit

10

- Einem ersten absorptiven Wärmetauscher, bevorzugt Kreuzstromwärmetauscher, der in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist und in mindestens einer Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist
- Einer stromabwärts des ersten absorptiven Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Sorptionskanäle angeordneten Wärme-Kälte-Quelle zur Abführung von Wärme
- Einer stromabwärts des ersten absorptiven Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Wärmetauscherkanäle angeordneten Wärme-Kälte-Quelle zur Aufnahme von Wärme und
- Einem stromabwärts der Wärme-Kälte-Quelle zur Aufnahme von Wärme angeordneten zweiten absorptiven Wärmetauscher, bevorzugt Kreuzstromwärmetauscher, der in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist und in mindestens einer Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist, wobei die Sorptionskanäle des zweiten Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Wärmetauscherkanäle des ersten Wärmetauschers angeordnet sind.

15

20

Als Adsorptionsmaterial werden vorteilhaft MOFs eingesetzt, siehe vorangestellte Beschreibung und Bevorzugungen.

25

Den absorptiven Wärmetauschern sind vorteilhaft Filter- und Reinigungsvorrichtungen vorgelagert. Den absorptiven Wärmetauschern sind vorteilhaft Vorrichtung zur Schalldämpfung des Prozessfluids vorgelagert.

30

Die Erfindung betrifft ferner einen absorptiven Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher, der dadurch gekennzeichnet ist, dass der Wärmetauscher in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist, die als Adsorptionsmaterial wasserabsorbierende metallorganische Gerüstmaterialien aufweisen, und in mindestens einer anderen Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist, wobei die Wärmetauscherkanäle weniger als 5% Adsorptionsmaterial im Bezug auf die Beladung der Sorptionskanäle mit Adsorptionsmaterial beinhalten.

35

Vorteilhaft weisen die Wärmetauscherkanäle kein Adsorptionsmaterial auf.

40

Der Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher ist vorteilhaft dergestalt ausgebildet, dass eine Mehrzahl parallel geschalteter Sorptionskanäle und eine Mehrzahl parallel geschalteter Wärmetauscherkanäle angeordnet sind. Mit dem Begriff der Parallelschaltung ist dabei gemeint, dass

diese Strömungskanäle jeweils über einen gemeinsamen Zulauf und einen gemeinsamen Ablauf verfügen. Vorzugsweise sind die Sorptionskanäle und die Wärmetauscherkanäle des Sorberwärmetauschers alternierend angeordnet. Durch eine derartige alternierende Anordnung ist eine optimierte Wärmeübertragung innerhalb des Wärmetauschers möglich. Gleichzeitig ist eine Durchmischung der Fluidströme zu vermeiden.

Die Kanalweite beträgt vorteilhaft 0,5 bis 2 mm, insbesondere 0,7 bis 1,5 mm. Die Kanalweite der Sorptionskanäle und der Wärmetauscherkanäle kann unterschiedlich sein. Vorteilhaft ist der Strömungswiderstand der Sorptionskanäle und der Wärmetauscherkanäle gleich groß. Vorteilhaft sind somit die Sorptionskanäle um die doppelte Beschichtungsdicke des Adsorptionsmaterials weiter als die Wärmetauscherkanäle.

Die Beschichtungsdicke des Adsorptionsmaterials beträgt vorteilhaft 10 bis 200  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 20 bis 150  $\mu\text{m}$ , insbesondere 25 bis 100  $\mu\text{m}$ .

Der erfindungsgemäße Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher wird vorteilhaft für die Konditionierung von Frischluft eingesetzt, vorteilhaft bei Gebäuden oder Fahrzeugen.

Das Verfahren zur Konditionierung von Fluiden und die entsprechende Klimatisierungsvorrichtung sind vorteilhaft zur Konditionierung von Luft für die Klimatisierung von Gebäuden oder von Fahrzeugen, insbesondere Zügen und Elektroautos, eingesetzt. Besonders vorteilhaft wird dieses Verfahren und diese Vorrichtung für die Klimatisierung von Krankenhäusern, Laboren und anderen Einrichtungen, eingesetzt, bei denen eine 100 prozentige Zufuhr von Frischluft vorgeschrieben ist.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Fassadenelement mit einer eingebauten Klimatisierungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Kompaktheit der erfindungsgemäßen Klimatisierungsvorrichtung ermöglicht den Einbau in ein Fassadenelement und somit die Möglichkeit für eine dezentrale, flexible Klimatisierung. Ferner ermöglicht diese Dezentralisierung eine individuelle, quasipersonalisierte Steuerung der Klimatisierung, z.B. der Temperaturwahl pro Fassadenelement. Diese individuelle Steuerung könnte beispielsweise via App-Anwendungen vorgenommen werden.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt in der Synergie folgender Merkmale (i) Verwendung eines effektiven Adsorptionsmaterial, insbesondere ein Adsorptionsmaterial mit hoher Beladungskapazität und geringen Recyclingtemperaturen, (ii) Verwendung eines Regenerationsfluid, dass eine möglichst große Temperaturdifferenz und Feuchtigkeitsdifferenz zum gewählten (regenerierten) Adsorptionsmaterial aufweist und (iii) die Nutzung der Adsorptionswärme für die Regeneration.

Durch die vorliegende Erfindung konnte das Problem der Übertrocknung und der damit verbundenen Rückbefeuchtung vermieden werden. Es fällt an keiner Stelle kondensiertes Wasser an.

Ferner können somit die beiden Fluidströme, Außenluft und Innenabluft, durch die ganze Klimatisierungsvorrichtung getrennt gehalten werden. Durch die Vermeidung einer Kompressoreinheit ist die vorliegende Klimatisierungsvorrichtung wartungsarm. Durch den Einsatz eines Adsorptionsmaterials mit hoher Kapazität können kompakte Klimatisierungsvorrichtung gebaut werden, die vorteilhaft dezentral in ein Gebäude integriert werden. Die kompakte Klimatisierungsvorrichtung bietet die Möglichkeit, diese Einheit in einem Fassadenelement zu integrieren und dezentral zu steuern. Ferner konnte durch den Einsatz eines Adsorptionsmaterials mit hoher Kapazität und geringer Regenerationstemperatur die Regenerierung vereinfacht werden. Die Regenerierung der vorliegenden Erfindung kann aufgrund des reduzierten Regenerierungsbedarfs von Außenluft auf Innenabluft umgestellt werden. Diese Verwendung der Innenabluft als Regenerationsfluid bietet die Möglichkeit einer vereinfachten Steuerung, da sich die Schwankungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Innenabluft – anders als der Außenabluft – in einem engen Bereich bewegen.

#### Figur 1: Abstrahierter Aufbau der Klimatisierungsvorrichtung

In der Figur 1 werden folgende Abkürzungen verwendet:

- OL Außenluft
- KL Konditionierte Luft
- IL Innenluft
- AL Abluft
- 10 Absorber-Wärmetauscher 1
- 11 Absorber-Wärmetauscher 2
- 20 Wärmepumpe
- 21 Warmpol der Wärmepumpe
- 22 Kaltpol der Wärmepumpe
- 23 Antriebsenergie der Wärmepumpe

#### Figur 2: Aufbau des Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher

In der Figur 2 werden folgende Abkürzungen verwendet:

- 50 Mit Absorber beschichtete Wärmetauscherfläche
- 51 Unbeschichtete Wärmetauscherfläche
- 60 Fluss des zu trocknenden oder regenerierenden Fluids, vorteilhaft Luft
- 61 Fluss des kühlenden Regenerationsfluids, vorteilhaft Abluft

#### Figur 3: Erster Schaltzustand der erfindungsgemäßen Klimatisierungsvorrichtung

Im unteren Teil der Figur 3 strömt die gegebenenfalls filtrierte Außenluft in die Vorrichtung und wird über den linken Ast in die Sorptionskanäle des ersten erfindungsgemäß beschichteten Wärmetauschers geleitet. Die getrocknete Luft verlässt den Wärmetauscher nach oben in Richtung Kühlelement, hier beispielhaft durch eine Peltierkühlung bezeichnet. Links oben in der Figur strömt Luft aus dem Innenraum in die Wärmetauscherkanäle des ersten, aktiven Wärmetauschers und verlässt ihn, aufgeheizt durch die Adsorptionswärme, nach rechts in Richtung der

Zusatzheizung, hier beispielhaft als elektrische Rohrheizung ausgelegt. Die erhitzte Luft strömt von oben in die Sorptionskanäle des zweiten, zu regenerierenden Wärmetauschers und verlässt die Vorrichtung mit Wasserdampf aus dem Regenerationsprozess.

5    Figur 4: Zweiter Schaltzustand der erfindungsgemäßen Klimatisierungsvorrichtung

Im unteren Teil der Figur 4 strömt die gegebenenfalls filtrierte Außenluft in die Vorrichtung und wird über den rechten Ast in die Sorptionskanäle des vorher regenerierten erfindungsgemäß beschichteten Wärmetauschers geleitet. Die getrocknete Luft verlässt den Wärmetauscher nach oben in Richtung Kühlelement, hier beispielhaft durch eine Peltierkühlung bezeichnet. Links  
10    oben in der Figur strömt Luft aus dem Innenraum in die Wärmetauscherkanäle des aktiven Wärmetauschers und verlässt ihn, aufgeheizt durch die Adsorptionswärme nach links in Richtung der Zusatzheizung, hier beispielhaft als elektrische Rohrheizung ausgelegt. Die erhitzte Luft strömt von oben in die Sorptionskanäle des zweiten, zu regenerierenden Wärmetauschers und verlässt die Vorrichtung mit Wasserdampf aus dem Regenerationsprozess.

15

Beispiel 1:

Aluminiumfumarat wurde hergestellt entsprechend EP2 230 288.

Eine Dispersion aus 1300 g Aluminiumfumarat und 3300 g destilliertem Wasser wurde durch  
20    Rühren bei 570 u/min mit einem Zahnscheibenrührer (7cm Scheibendurchmesser; Heidolph RZR2010control) für 15 Minuten hergestellt. Nach Zugabe von 810 g Polyacryatdispersion (Acronal® Edge, 40% Feststoffanteil) wurde die Rührergeschwindigkeit für 15 min auf 740 U/min erhöht. Fünf so hergestellte Ansätze wurden mit einem Propellerrührer (Durchmesser 10 cm, IKA EURO ST 40DS0000) gemischt und für 12 Stunden homogenisiert. Anschließend  
25    wurde Schaum entfernt und die Dispersion durch langsames Rühren entgast. Die Dispersion hatte eine Viskosität von 4 Pa s bei 10 Hz (gemessen mit Anton Paar, MCR102, PP50, 400 µm Spalt, 25°C).

Die Dispersion wurde zweimal durch eines der beiden Kanalsysteme eines Gegenstrom-Wärmeübertragers aus Aluminium (Länge 397 mm; Höhe 172 mm; Breite 200 mm; Kanalbreite unbeschichtet ca. 1 mm; Klingenburg GS18-200) gefüllt und die Kanäle mit Luft freigeblasen.  
30    Nach Trocknen des Wärmetauschers ergab sich eine Gewichtszunahme von 346g, was einer mittleren Schichtdicke von 96µm entsprach.

35    Beispiel 2:

Ein wie in Beispiel 1 beschichteter Wärmetauscher wurde so angeschlossen, dass durch das beschichtete Kanalbündel (1) Luft mit 27°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit geleitet wurde (OL), durch das andere Kanalbündel Luft mit 20°C und 80% relativer Luftfeuchtigkeit (IL). Die  
40    Flussgeschwindigkeit beträgt 50 m³/h. Innerhalb der ersten 5 Minuten des Betriebs des Adsor-



bers stellten sich auf der Ausflusseite des beschichteten Kanalbündels (KL) Temperaturen zwischen 28°C und 32°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 35% und 50% ein. Die Enthalpie der Luft wurde nahezu isotherm von 80 kJ/kg auf 63 kJ/kg erniedrigt.

Der Ausfluss des nicht beschichteten Kanalbündels (AL) zeigte eine Temperaturzunahme auf 30°C. Die Enthalpie dieses Luftstroms stieg von ca. 51 kJ/m<sup>3</sup> auf ca. 63 kJ/m<sup>3</sup>.

Der Wärmetauscher erwärmte sich um 10°. Es wurden innerhalb der ersten 5 Minuten 60 kJ/m<sup>3</sup> von dem Außenluftstrom (OL → KL) auf den Innenluftstrom (IL → AL) übertragen, was ca. 50% der Adsorptionsenthalpie von Wasser an Aluminiumfumarat entspricht.

#### 10 Beispiel 3:

Der Wärmeüberträger aus Beispiel 2 wurde für 5 Minuten mit heißer, trockener Luft (90°C, 3% rel. Luftfeuchtigkeit) gespült. Danach wurde das Experiment aus Beispiel 2 wiederholt. Auf der Ausflusseite des beschichteten Kanalbündels wurden innerhalb der ersten 5 Minuten Temperaturen zwischen 27°C und 33°C sowie zwischen 40 und 50% relativer Luftfeuchtigkeit gemessen.

#### Beispiel 4:

Vergleich mit Kubota et al.

	Erfindungsgemäß	Kubota et al
Wärmetauscher	Luft-Luft- Plattenwärmetauscher ca. 20cm x 20cm x 40 cm, ohne innere Finnen, innere Oberfläche ca. 1 m <sup>2</sup>	Luft-Luft- Plattenwärmetauscher ca. 20cm x 20cm x 20 cm, mit inneren Finnen; innere Oberfläche ca. 12 m <sup>2</sup>
Beschichtung	Aluminiumfumarat, ca. 150 g/m <sup>2</sup>	Aluminophosphat, ca. 30 g/m <sup>2</sup>
Gesamtmenge Absorber	150 g	360 g
Strömungsgeschwindigkeit	60 m <sup>3</sup> /h	1 m/s, 72 m <sup>3</sup> /h
Adsorptionszeit bis zum halben Abfall (time to half maximum), Maß für die Zykluszeit	300 s	300 s

Adsorptionszeit bis zum halben Abfall:

Wenn Außenluft (ODA) durch einen frisch regenerierten Wärmetauscher fließt, wird sie sehr schnell getrocknet. Die dabei auftretende Adsorptionsenthalpie sorgt für einen Temperaturan-

stieg. Durch die zunehmende Belegung des Absorbers mit Wasser, kommt es zur Abschwächung von Feuchtaufnahme und Adsorptionsenthalpie. Die austretende Luft (SUP) nähert sich daher mit zunehmender Zeit in Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Außenluft an. Der Betrieb muss dann auf den anderen Zyklus umgeschaltet werden. Als charakteristisches Maß für die Zykluszeit eines Aufbaus mit zwei im Wechsel betriebenen beschichteten Wärmetauschern wird die Zeit gewählt, vom Beginn der Adsorption bis zu dem Zeitpunkt, wenn die Temperatur oder Luftfeuchtigkeit sich auf die Hälfte des Maximums den Außenluftbedingungen angeglichen hat. Unter diesen Bedingungen kann man davon ausgehen, dass die schnell verfügbare Adsorbermenge belegt ist und die Verteilung der Adsorptionsenthalpie zu einem großen Teil abgeschlossen ist.

Erklärung zur Auswertung der Messkurven: Figur 5

Auswertung der Messkurve für 60m<sup>3</sup>/h. Die Luftfeuchtigkeit der Außenluft (ODA) beträgt 20 g/kg, die der Zuluft (SUP) variiert mit der Sättigung des Adsorbers. Bei einem regenerierten Adsorber beträgt die Luftfeuchtigkeit 5g/kg, bei langen Zeiten nähert sie sich der Aussenluft an. Die Kurve kann charakterisiert werden mit der Halbwertszeit, hier durch die Linien bei 13 g/kg und ca. 350 s gezeigt.

Figur 6: Adsorptions und Desorptionskurve von Aluminium-Fumarat MOF Das Diagramm zeigt den Gleichgewichtszustand der Beladung von MOF mit Wasser als Funktion der relativen Luftfeuchtigkeit. Im Gegensatz zu typischen analogen Messungen an Zeolithen, zeichnen sich die MOFs durch einen zweigeteilten Verlauf aus: Unterhalb von 20% relativer Luftfeuchtigkeit nimmt das MOF keinen Wasserdampf auf, d.h. es übertrocknet die Luft nicht. Zwischen 20 und 40% relativer Luftfeuchtigkeit nimmt das MOF bis zu 30% seines Eigengewichts an Luftfeuchtigkeit auf. Bei noch höheren relativen Luftfeuchtigkeiten kommt es zu einer weiteren kontinuierlichen Wasseraufnahme.

Erklärung zum Mollierdiagramm, Figur 7:

Das Diagramm zeigt die möglichen Kombinationen aus absoluter Luftfeuchtigkeit und Temperatur. In dieser Darstellung ist der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Dichte der Luft weggelassen (dieser Effekt würde die Isothermen (Zustände gleicher Temperatur) leicht von links nach rechts ansteigen lassen.)

Die Aufnahmefähigkeit von Luft für Wasserdampf steigt mit zunehmender Temperatur. Die Sättigungskurve, wird mit 100% relative Luftfeuchtigkeit angegeben. Unterhalb dieser Temperatur kondensiert Luftfeuchtigkeit als Nebel aus. Daher wird sie auch als „Nebelkurve“ bezeichnet. Der Komfortbereich für Büroräume wird zwischen 40% relativer Luftfeuchtigkeit / 20°C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit / 26°C.

Ein typisches Aussenklima in einem feuchtwarmen Klima ist z.B. der Punkt mit 30°C und 80% relativer Luftfeuchtigkeit (ca. 23g/kg Wasserdampf). Um in den Bereich des Innenraum-Komforts zu gelangen, muss die Luft vor allem getrocknet werden. Dies geschieht in der etablierten

Klimatechnologie durch Kühlen auf ca. 10°C, so dass die Luftfeuchtigkeit auskondensiert, bis die absolute Luftfeuchtigkeit ca. 10-12 g/kg beträgt (Nebelkurve).

Durch den erfindungsgemäßen beschichteten Wärmetauscher kann die Luft nahezu isotherm getrocknet werden, ohne zu kühlen.

- 5 Eine Trocknung ohne Wärmetauscher würde zu einem Temperaturanstieg der Luft führen durch die Freisetzung der Kondensations- und Adsorptionsenthalpie des Wassers.

## Patentansprüche

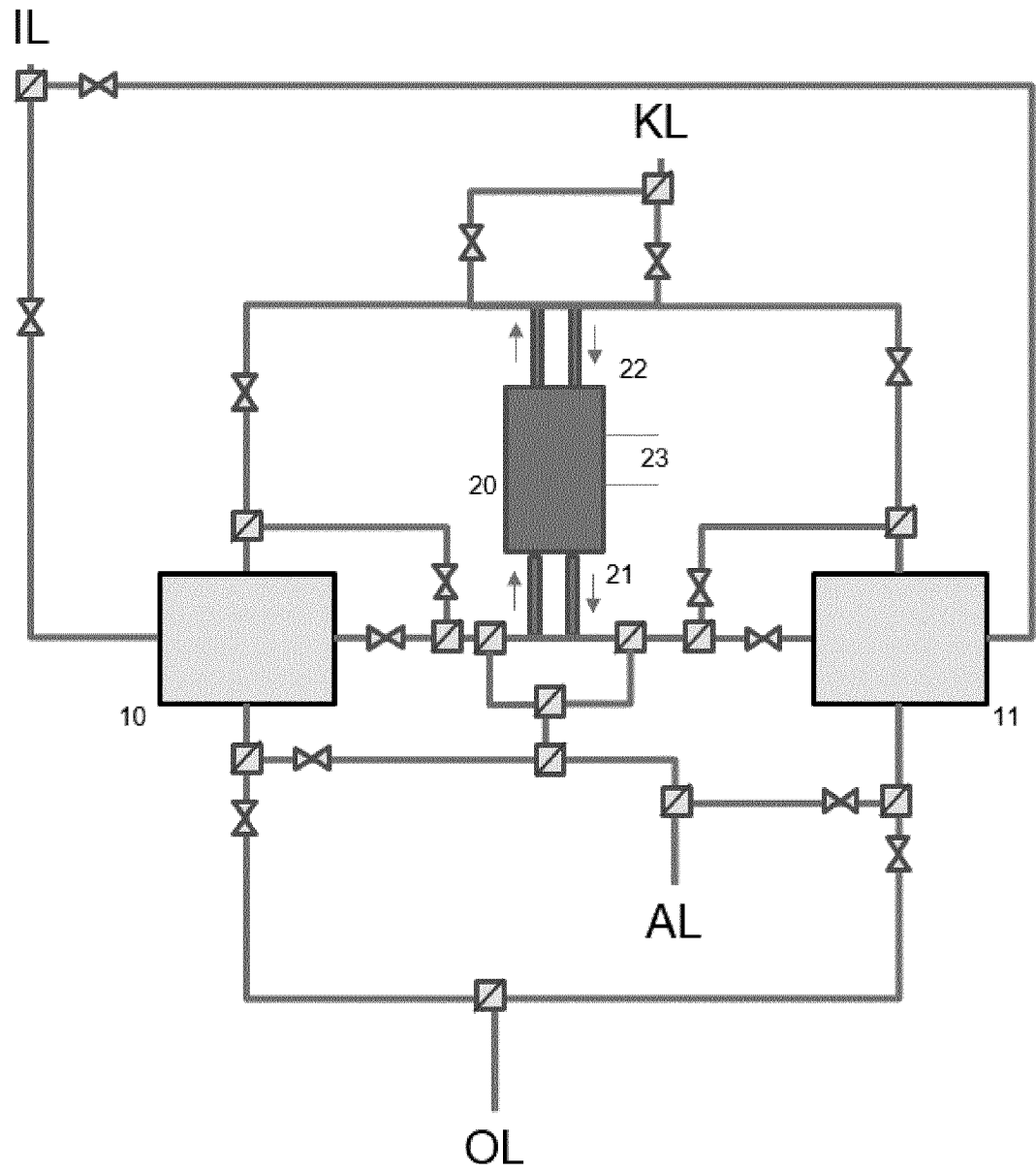
1. Verfahren zum Konditionieren eines Fluids umfassend folgende Schritte:
  - (a) Strömen des Prozessfluids durch die Sorptionskanäle eines ersten absorptiven Wärmetauschers,
  - (b) Trocknen des Prozessfluids im ersten absorptiven Wärmetauscher,
  - (c) Strömen des getrockneten Prozessfluids zu der kalten Seite einer Kälte-Quelle,
  - (d) Kühlen des getrockneten Prozessfluids in einer Kälte-Quelle,
  - (e) Strömen des getrockneten und gekühlten Prozessfluids in den zu konditionierenden Bereich,
  - (f) Paralleles Strömen des Regenerationsfluids durch die Wärmetauscherkanäle des ersten absorptiven Wärmetauschers,
  - (g) Aufnahme der Adsorptionswärme durch das Regenerationsfluid,
  - (h) Strömen des erwärmten Regenerationsfluids zu der warmen Seite einer Wärme-Quelle,
  - (i) Weiteres Erwärmen des Regenerationsfluids in der Wärme-Quelle,
  - (j) Strömen des erhitzten Regenerationsfluids durch die Sorptionskanäle eines zweiten absorptiven Wärmetauschers,
  - (k) Verdampfen des im zweiten absorptiven Wärmetauscher eingelagerten Adsorbate und Aufnahmes dieser Adsorbate durch das Regenerationsfluid,
  - (l) Strömen des feuchten Regenerationsfluids in einen Außenbereich.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Regenerationsfluid Abluft aus dem zu konditionierenden Bereich eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, umfassend anschließenden einen weiteren Schritt:
  - Kühlen des zweiten absorptiven Wärmetauschers.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlen des zweiten absorptiven Wärmetauschers mit Hilfe eines Durchströmens des Wärmetauschers mit dem Regenerationsfluids für den zweiten Wärmetauscher, dem konditionierten Prozessfluids und/oder der Außenluft erreicht wird.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zyklisch betrieben wird.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich den Schritten (a) bis (l) und der Kühlung des zweiten absorptiven Wärmetauschers folgende Schritte anschließen:
  - (m) Gegebenenfalls Unterbrechen des Strömens des Prozessfluids und des Regenerationsfluids in den ersten adsorptiven Wärmetauscher, sofern dies noch nicht stattgefunden hat,

- 5 (n) Strömen des Prozessfluids durch die Sorptionskanäle eines zweiten absorptiven Wärmetauschers,  
 (o) Trocknen des Prozessfluids im zweiten absorptiven Wärmetauscher,  
 (p) Strömen des getrockneten Prozessfluids zu der kalten Seite einer Kälte-Quelle,  
 (q) Kühlen des getrockneten Prozessfluids in einer Kälte-Quelle,  
 (r) Strömen des getrockneten und gekühlten Prozessfluids in den zu konditionierenden Bereich,  
 (s) Paralleles Strömen des Regenerationsfluids durch die Wärmetauscherkanäle des zweiten absorptiven Wärmetauschers,  
 10 (t) Aufnahme der Adsorptionswärme durch das Regenerationsfluid,  
 (u) Strömen des erwärmten Regenerationsfluids zu der warmen Seite einer Wärme-Quelle,  
 (v) Weiteres Erwärmen des Regenerationsfluids in der Wärme-Quelle,  
 (w) Strömen des erhitzten Regenerationsfluids durch die Sorptionskanäle eines ersten absorptiven Wärmetauschers,  
 15 (x) Verdampfen des im ersten absorptiven Wärmetauscher eingelagerten Adsorbates und Aufnahmes dieser Adsorbate durch das Regenerationsfluid,  
 (y) Strömen des feuchten Regenerationsfluids in einen Außenbereich.
- 20 7. Klimatisierungsvorrichtung zum Konditionieren eines Fluids mit
- Einem ersten absorptiven Wärmetauscher, der in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist und in mindestens einer Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist
  - Einer stromabwärts des ersten absorptiven Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Sorptionskanäle angeordnete Wärme-Kälte-Quelle zur Abführung von Wärme
  - Einer stromabwärts des ersten absorptiven Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Wärmetauscherkanäle angeordnete Wärme-Kälte-Quelle zur Aufnahme von Wärme und
  - Einem stromabwärts der Wärme-Kälte-Quelle zur Aufnahme von Wärme angeordneten zweiten absorptiven Wärmetauscher, der in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist und in mindestens einer Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist, wobei die Sorptionskanäle des zweiten Wärmetauschers in Strömungsrichtung der Wärmetauscherkanäle des ersten Wärmetauschers angeordnet sind.
- 25
- 30
- 35
8. Klimatisierungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscher und die Wärme-Kälte-Quellen über feste Rohrleitungen und/oder bewegliche Schläuche verbunden sind.
- 40
9. Klimatisierungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung keine rotierenden Bauteile enthält.

- 5
10. Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass vor den Wärmetauschern Elemente eingefügt sind, die die Luftströmung auffächern und/oder laminarisieren.
11. Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Adsorptionsmaterial eine Dichte von 0,2 bis 2 g/cm<sup>3</sup> aufweist.
- 10 12. Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Adsorptionsmaterial in den Sorptionskanälen metallorganische Gerüstmaterialien und/oder modifizierter Kohlenstoff eingesetzt werden.
- 15 13. Klimatisierungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Adsorptionsmaterial in den Sorptionskanälen BASOLITE® A520, MIL-160, MOF-841, UIO-66, DUT-67 und/oder MOF-801 eingesetzt werden.
14. Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Kreuzstromwärmetauscher eingesetzt werden.
- 20 15. Verwendung der Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 13 zur Konditionierung von Fluiden in Gebäuden und Fahrzeugen.
16. Verwendung der Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 13 zur Konditionierung von Fluiden in Krankenhäusern und/oder Laboren.
- 25 17. Absorptiver Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher in mindestens einer Strömungsrichtung Sorptionskanäle aufweist, die als Adsorptionsmaterial wasseradsorbierende metallorganische Gerüstmaterialien aufweisen, und in mindestens einer anderen Strömungsrichtung Wärmetauscherkanäle aufweist, wobei die Wärmetauscherkanäle weniger als 5% Adsorptionsmaterial im Bezug auf die Beladung der Sorptionskanäle mit Adsorptionsmaterial beinhalten.
- 30 18. Absorptiver Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanalweite 0,5 bis 2 mm beträgt.
- 35 19. Absorptiver Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauscher nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsdicke des Adsorptionsmaterials 10 bis 200 µm beträgt.
- 40 20. Verwendung des Luft-Luft-Kreuzstromwärmetauschers nach Anspruch 17 zur Konditionierung von Fluiden.

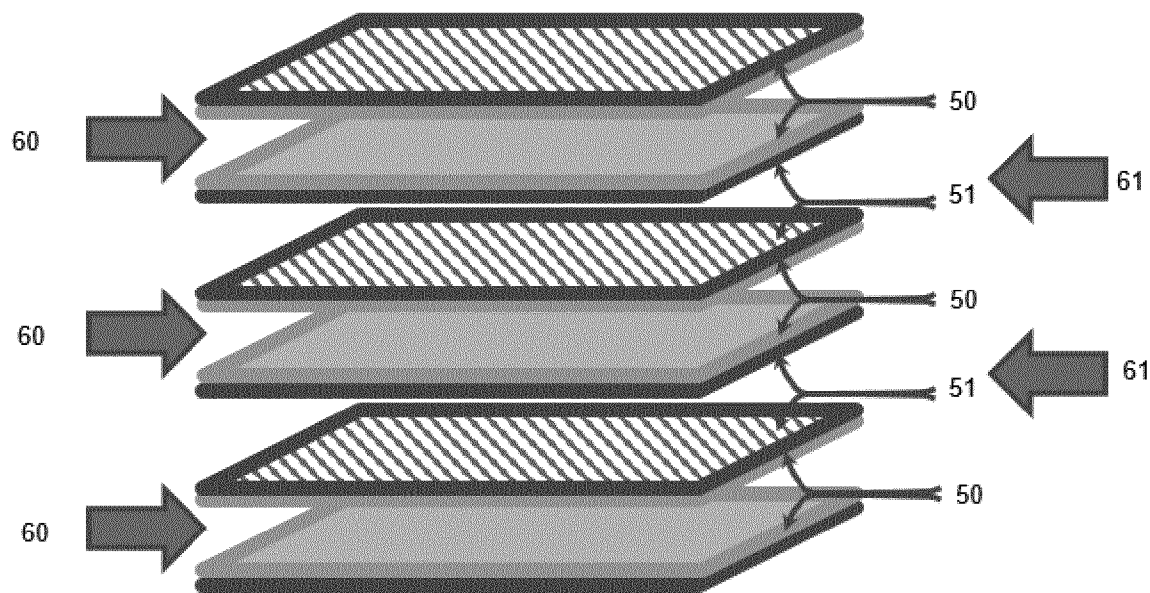
21. Fassadenelement beinhaltend eine Klimatisierungsvorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 14.

Figur 1

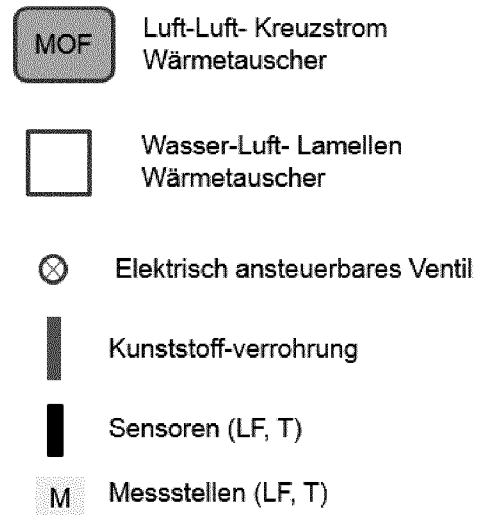
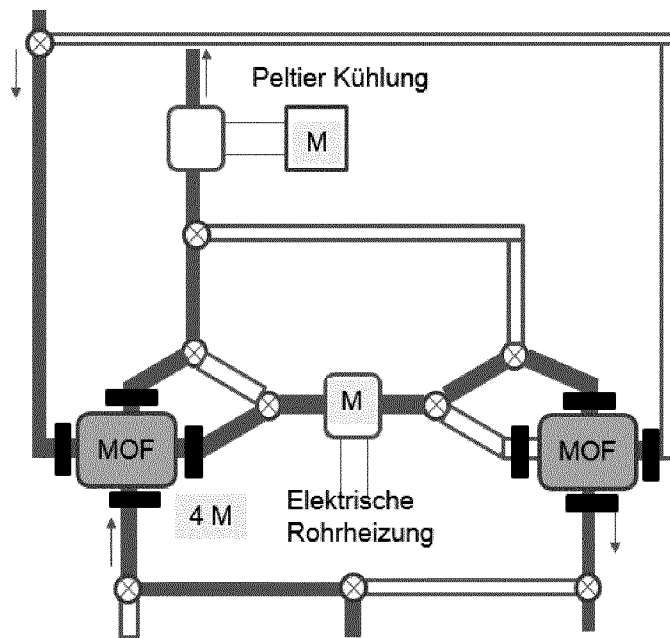




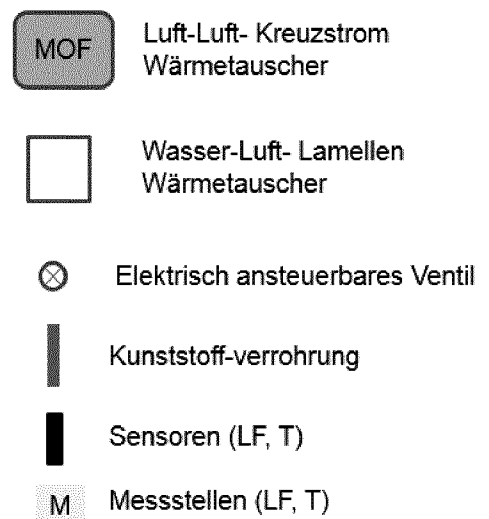
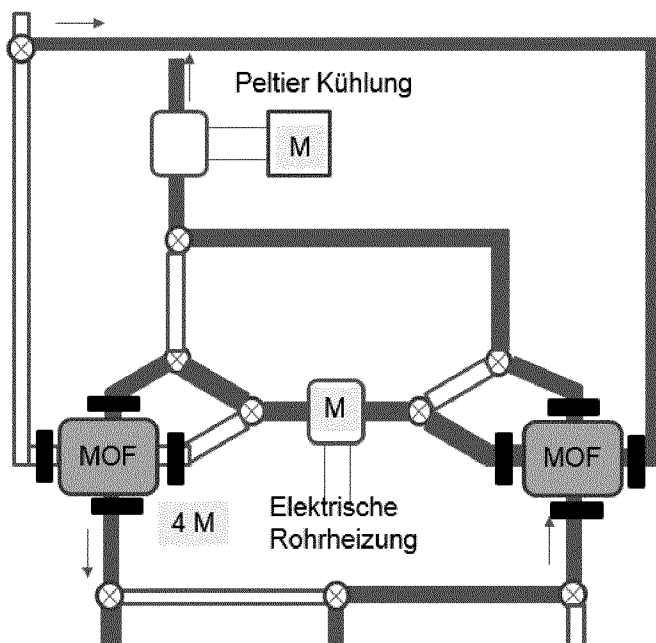
Figur 2



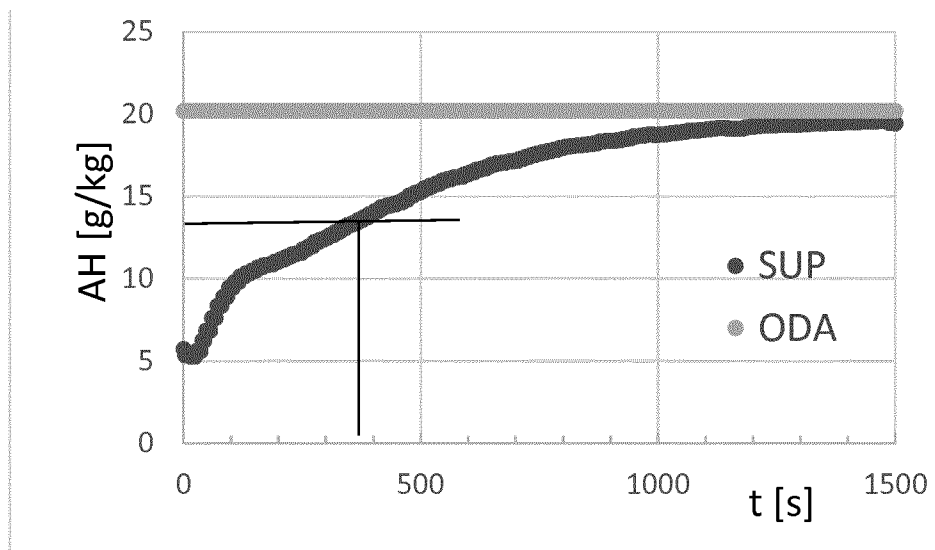
Figur 3



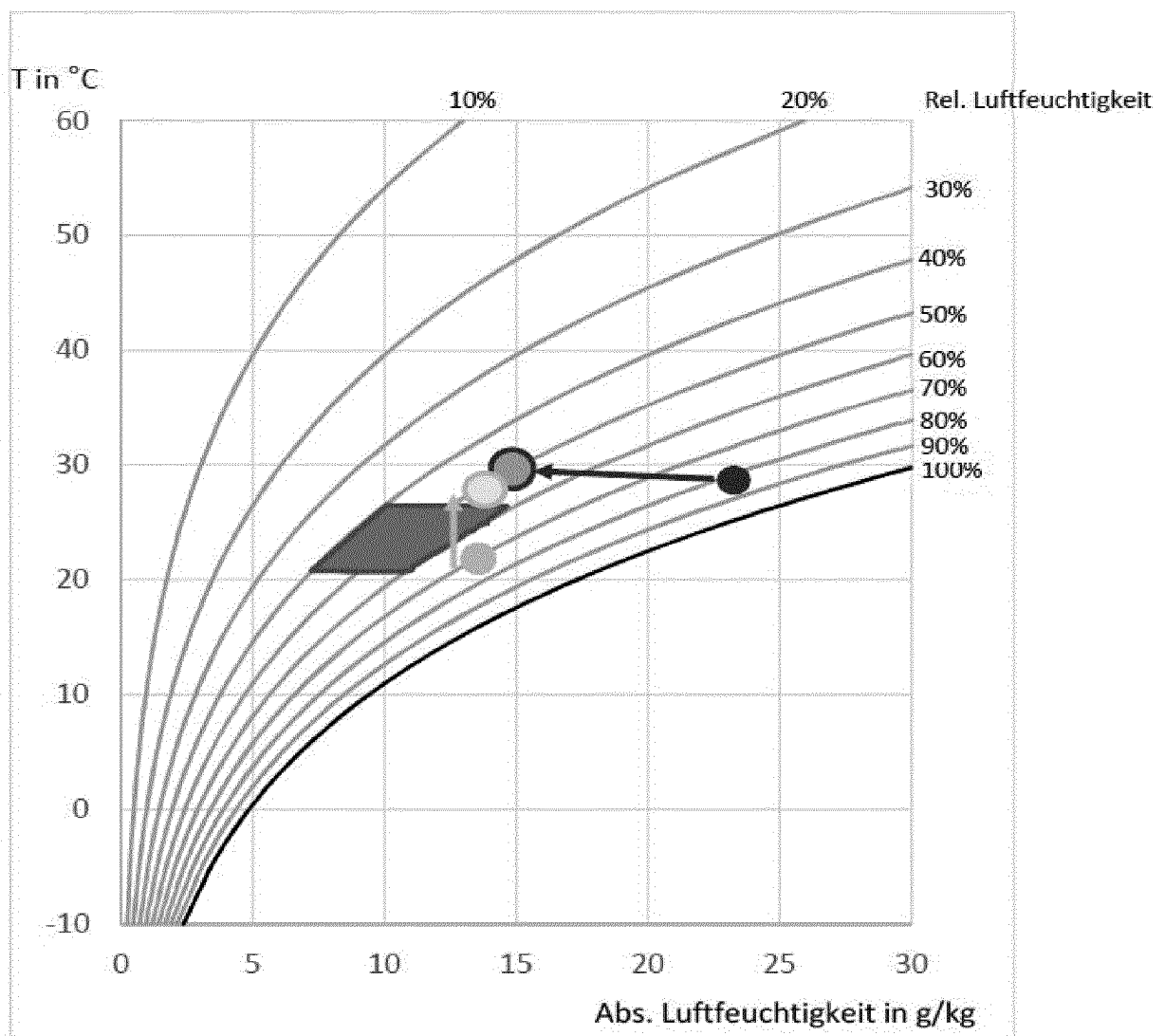
Figur 4



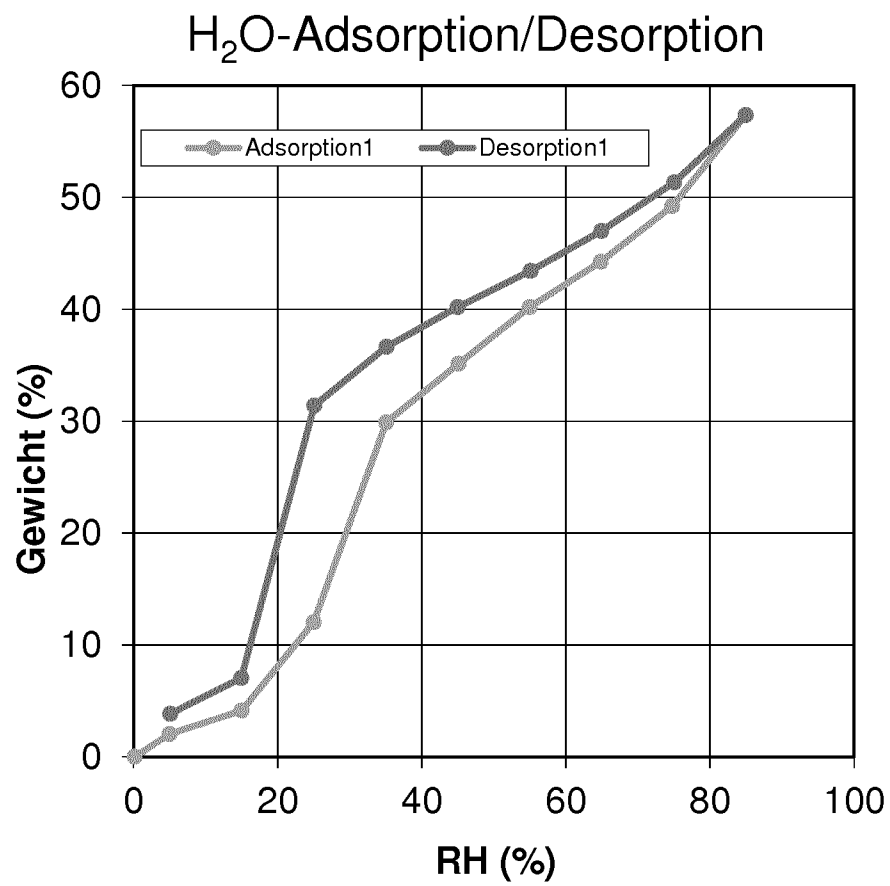
Figur 5



Figur 6:



Figur 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/064209****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**F24F 3/14**(2006.01)i; **F24F 5/00**(2006.01)i; **B01D 53/02**(2006.01)i; **C09K 5/04**(2006.01)i; **F28F 7/02**(2006.01)i;  
**F24F 12/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F24F; B01D; C09K; F28F; F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2345853 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20 July 2011 (2011-07-20) the whole document	1-16,21
A	EP 1408286 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 14 April 2004 (2004-04-14) the whole document	1-16,21
A	EP 2400231 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 December 2011 (2011-12-28) the whole document	1
A	DE 4220715 A1 (BALTIMORE AIRCOIL CO INC [US]) 14 January 1993 (1993-01-14) the whole document	1
A	EP 2230288 A2 (BASF SE [DE]) 22 September 2010 (2010-09-22) the whole document	12,13
X	US 2013192281 A1 (NAM YOUNG SUK [US] ET AL) 01 August 2013 (2013-08-01) paragraphs [0058], [0068]; figure 5	17-20
X	EP 2675856 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 25 December 2013 (2013-12-25) paragraph [0001]; claim 3	17-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**09 October 2018**

Date of mailing of the international search report

**17 October 2018**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office  
 p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
 Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Decking, Oliver**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/EP2018/064209****Box No. III      Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-16, 21

Method and device for conditioning a fluid.

2. Claims: 17-20

Adsorptive air-air cross-flow heat exchanger.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2018/064209**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2345853	A2	20 July 2011	DE	102009057159	A1	18 August 2011
				EP	2345853	A2	20 July 2011
EP	1408286	A1	14 April 2004	AT	425421	T	15 March 2009
				AU	2002318752	B2	07 July 2005
				CN	1527924	A	08 September 2004
				EP	1408286	A1	14 April 2004
				ES	2320740	T3	28 May 2009
				JP	2003097825	A	03 April 2003
				US	2004129011	A1	08 July 2004
				WO	03008871	A1	30 January 2003
EP	2400231	A2	28 December 2011	DE	102010024624	A1	22 December 2011
				EP	2400231	A2	28 December 2011
DE	4220715	A1	14 January 1993	CA	2071768	A1	25 December 1992
				DE	4220715	A1	14 January 1993
				JP	H05245333	A	24 September 1993
				US	5170633	A	15 December 1992
EP	2230288	A2	22 September 2010	DK	2230288	T3	05 September 2016
				EP	2230288	A2	22 September 2010
				ES	2588052	T3	28 October 2016
				PL	2230288	T3	30 December 2016
US	2013192281	A1	01 August 2013	US	2013192281	A1	01 August 2013
				WO	2013059785	A1	25 April 2013
EP	2675856	A1	25 December 2013	CN	103380184	A	30 October 2013
				DE	102011011688	A1	23 August 2012
				EP	2675856	A1	25 December 2013
				HU	E037080	T2	28 August 2018
				PL	2675856	T3	28 February 2018
				WO	2012110255	A1	23 August 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F24F3/14 F24F12/00	F24F5/00 B01D53/02 C09K5/04 F28F7/02
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F24F B01D C09K F28F F28D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 345 853 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20. Juli 2011 (2011-07-20) das ganze Dokument	1-16,21
A	EP 1 408 286 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 14. April 2004 (2004-04-14) das ganze Dokument	1-16,21
A	EP 2 400 231 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Dezember 2011 (2011-12-28) das ganze Dokument	1
A	DE 42 20 715 A1 (BALTIMORE AIRCOIL CO INC [US]) 14. Januar 1993 (1993-01-14) das ganze Dokument	1
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. Oktober 2018		17/10/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Decking, Oliver



C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 230 288 A2 (BASF SE [DE]) 22. September 2010 (2010-09-22) das ganze Dokument -----	12,13
X	US 2013/192281 A1 (NAM YOUNG SUK [US] ET AL) 1. August 2013 (2013-08-01) Absätze [0058], [0068]; Abbildung 5 -----	17-20
X	EP 2 675 856 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 25. Dezember 2013 (2013-12-25) Absatz [0001]; Anspruch 3 -----	17-20

**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3. ☐ Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☒ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-16, 21

Verfahren und Vorrichtung zum Konditionieren eines Fluids

---

2. Ansprüche: 17-20

Adsorptiver Luft-Luft-Kreuzwärmetauscher

---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/064209

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2345853	A2	20-07-2011	DE 102009057159 A1 EP 2345853 A2	18-08-2011 20-07-2011
-----				
EP 1408286	A1	14-04-2004	AT 425421 T AU 2002318752 B2 CN 1527924 A EP 1408286 A1 ES 2320740 T3 JP 2003097825 A US 2004129011 A1 WO 03008871 A1	15-03-2009 07-07-2005 08-09-2004 14-04-2004 28-05-2009 03-04-2003 08-07-2004 30-01-2003
-----				
EP 2400231	A2	28-12-2011	DE 102010024624 A1 EP 2400231 A2	22-12-2011 28-12-2011
-----				
DE 4220715	A1	14-01-1993	CA 2071768 A1 DE 4220715 A1 JP H05245333 A US 5170633 A	25-12-1992 14-01-1993 24-09-1993 15-12-1992
-----				
EP 2230288	A2	22-09-2010	DK 2230288 T3 EP 2230288 A2 ES 2588052 T3 PL 2230288 T3	05-09-2016 22-09-2010 28-10-2016 30-12-2016
-----				
US 2013192281	A1	01-08-2013	US 2013192281 A1 WO 2013059785 A1	01-08-2013 25-04-2013
-----				
EP 2675856	A1	25-12-2013	CN 103380184 A DE 102011011688 A1 EP 2675856 A1 HU E037080 T2 PL 2675856 T3 WO 2012110255 A1	30-10-2013 23-08-2012 25-12-2013 28-08-2018 28-02-2018 23-08-2012
-----				