

(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
13. Januar 2011 (13.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/003444 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F28F 19/00 (2006.01) *F28F 27/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/058632
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
7. Juli 2009 (07.07.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **A-HEAT ALLIED HEAT EXCHANGE TECHNOLOGY AG** [AT/AT]; Euro Plaza Gebäude G, Am Europlatz 2/Stiege 2/6. OG, A-1120 Wien (AT).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KÖNIG, Holger** [DE/DE]; Berger Halde 26, 88079 Kressbronn (DE). **SUMMERER., Franz** [DE/DE]; Johannishöhe 4, 82288 Kottgeisering (DE).
- (74) **Anwälte:** **IRSCH, Manfred** et al.; Sulzer Management AG, Zürcherstrasse 14, CH-8401 Winterthur (CH).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** HEAT EXCHANGE SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING A HEAT EXCHANGE SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** WÄRMETAUSCHSYSTEM, SOWIE EIN VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES WÄRMETAUSCHSYSTEMS

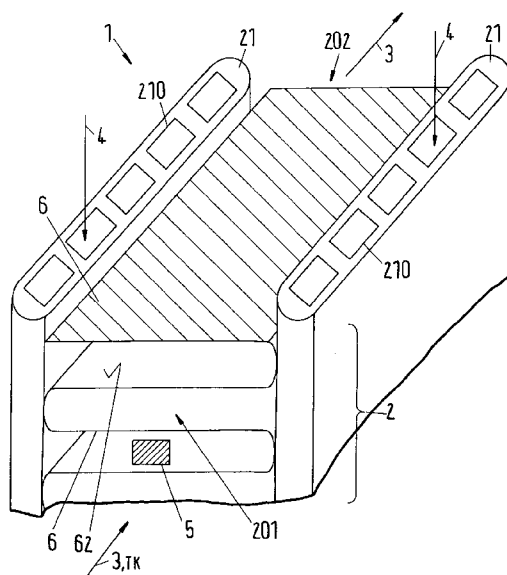


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a heat exchange system (1), comprising a heat exchanger (2) having a flow channel (210) arranged in a flow segment (21). In order to exchange heat between a transport fluid (3) and a heating means (4) that flows through the flow channel (210) in the operating state, the transport fluid (3) can be brought into flow contact with the heat exchanger (2) by means of an inflow area (201) and led away from the heat exchanger (2) by means of an outflow area (202). According to the invention, a soiling sensor (5) in the form of a pressure sensor (5) and/or a speed sensor (5) is provided in order to determine a degree of soiling (V) of the heat exchanger (2), by means of which soiling sensor a transport parameter (TK) that is characteristic of the flow of the transport fluid (3) from the inflow surface (201) across the outflow surface (202) can be determined. The invention further relates to a method for operating a heat exchange system (1).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Wärmetauschsystem (1) umfassend einen Wärmetauscher (2) mit einem in einem Strömungssegment (21) angeordneten Strömungskanal (210). Zum Austausch von Wärme zwischen einem Transportfluidum (3) und einem dem Strömungskanal (210) im Betriebszustand durchströmenden Wärmemittel (4) ist das Transportfluidum (3) über eine Einströmfläche (201) mit dem Wärmetauscher (2) in strömenden Kontakt bringbar, und über eine Ausströmfläche (202) vom Wärmetauscher (2) wieder wegführbar. Erfindungsgemäss ist zur Bestimmung eines Verschmutzungsgrads (V) des Wärmetauschers (2) ein Verschmutzungssensor (5) in Form eines Drucksensors (5) und / oder eines

Geschwindigkeitssensors

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/003444 A1

(5) vorgesehen, mit welchem eine Transportkenngrösse (TK), die für die Strömung des Transportfluidums (3) von der Einströmfläche (201) über die Ausströmfläche (202) charakteristisch ist, bestimmbar. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschsystems (1).

5

Wärmetauschsystem, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines
Wärmetauschsystems

- 10 Die Erfindung betrifft ein Wärmetauschsystem sowie ein Verfahren zum
Betreiben und Ermitteln eines Verschmutzungsgrades eines
Wärmetauschsystems gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche
1 und 11.

- Die Verwendung von Wärmetauschsystemen ist in einer kaum zu
15 überblickenden Zahl von Anwendungen aus dem Stand der Technik bekannt.
Wärmetauscher werden in Kühlanlagen, wie z.B. in gewöhnlichen
Haushaltskühlschränken verwendet, in Klimaanlageanlagen für Gebäude oder in
Fahrzeugen aller Art, vor allem in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen,
als Wasser- oder Ölkühler in Verbrennungsmotoren, als Kondensatoren oder
20 Verdampfer in Kühlmittelkreisen, wie zum Beispiel in Wärmepumpen und in
weiteren unzähligen verschiedenen Anwendungen, die dem Fachmann alle
wohlbekannt sind.

Es gibt dabei verschiedene Möglichkeiten die Wärmetauscher aus ganz unterschiedlichen Anwendungen sinnvoll zu klassifizieren. Ein Versuch besteht darin, eine Unterscheidung nach dem Aufbau bzw. der Herstellung der verschiedenen Typen von Wärmetauschern vorzunehmen.

- 5 So kann einerseits eine Einteilung nach sogenannten „Lamellierten Wärmetauschern“, die auch als „Röhrenwärmetauscher“ bezeichnet werden können, und andererseits nach „Minnichannel-“, „Microchannelwärmetauscher“ oder „Mikrokanalwärmetauschern“ vorgenommen werden.
- 10 Die seit sehr langer Zeit wohlbekanntes lamellierte Röhrenwärmetauscher dienen, wie alle Typen von Wärmetauschern, zur Übertragung von Wärme zwischen zwei Medien, z.B., aber nicht nur, zur Übertragung von einem Kühlmedium auf Luft oder umgekehrt, wie es zum Beispiel von einem klassischen Haushaltskühlschrank bekannt ist, bei dem über den
- 15 Wärmetauscher zur Erzeugung einer Kühlleistung im Inneren des Kühlschranks Wärme an die Umgebungsluft abgegeben wird.

Das Umgebungsmedium ausserhalb des Wärmetauschers, also z.B. Wasser, Öl oder häufig einfach die Umgebungsluft, die zum Beispiel die Wärme aufnimmt oder von dem Wärme auf den Wärmetauscher übertragen wird, wird

20 dabei entweder entsprechend abgekühlt oder erwärmt. Das zweite Medium kann z.B. ein flüssiger Kälte- bzw. Wärmeträger sein oder ein verdampfendes bzw. kondensierendes Wärmemittel. Dabei ist im Rahmen dieser Anmeldung unter dem Begriff „Wärmemittel“ jedes Fluid zu verstehen, das vorteilhaft in einem Wärmetauscher verwendet werden kann. Der Begriff „Wärmemittel“

25 umfasst somit sowohl die in der Technik bekannten klassischen Kältemittel als auch jedes andere geeignete Wärmemittel bzw. Kühlmittel. Wenn in einer bestimmten Anwendung der Wärmetauscher z.B. ein einfacher Kühler ist, zum Beispiel ein Kühler in einer Brennkraftmaschine, so kann das Wärmemittel im

Speziellen natürlich auch einfach Wasser oder Öl sein, das als Kühlmittel durch den Wärmetauscher zirkuliert.

In jedem Fall hat das Umgebungsmedium, also z.B. die Luft, einen wesentlich niedrigeren Wärmeübergangskoeffizienten als das zweite Medium, also z.B. das Kühlmittel, das im Wärmetauschersystem zirkuliert. Dies wird durch stark unterschiedliche Wärmeübertragungsflächen für die beiden Medien ausgeglichen: Das Medium mit dem hohen Wärmeübergangskoeffizienten, also das Wärmemittel, strömt im Rohr, welches auf der Außenseite durch dünne Bleche (Rippen, Lamellen) eine stark vergrößerte Oberfläche aufweist, an der der Wärmeübergang z.B. mit der Luft stattfindet.

Die Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemässes Wärmetauschsystem mit einem an sich bekannten lamellierten Röhrenwärmeaustauschers. In der Praxis wird das Wärmetauschsystem dabei durch eine Vielzahl solcher Elemente gebildet.

Das Verhältnis von Außenoberfläche zur Innenoberfläche hängt dabei von der Lamellengeometrie (= Rohrdurchmesser, Rohranordnung und Rohrabstand), sowie vom Lamellenabstand ab. Der Lamellenabstand wird für unterschiedliche Anwendungen unterschiedlich gewählt. Rein thermodynamisch sollte er jedoch möglichst klein sein, jedoch nicht so klein, dass der Luftseitige Druckverlust zu groß ist. Ein wirtschaftliches Optimum liegt bei etwa 2 mm, was ein für Verflüssiger und Rückkühler typischer Wert ist.

Die Herstellung dieser sogenannten lamellierten Röhrenwärmeaustauscher erfolgt nach einem seit langem bekannten standardisierten Prozess: Die Lamellen werden mit einer Presse und einem speziellen Werkzeug gestanzt und in Pakete zueinander gelegt. Anschließend werden die Rohre eingeschoben und entweder mechanisch oder hydraulisch aufgeweitet, so dass ein sehr guter Kontakt und somit ein guter Wärmeübergang zwischen

Rohr und Lamelle entsteht. Die einzelnen Rohre werden dann durch Bögen und Sammel- und Verteilrohr miteinander verbunden, oft miteinander verlötet.

Der Wirkungsgrad ist dabei wesentlich durch die Tatsache bestimmt, dass die Wärme, die zwischen der Lamellenoberfläche und der Luft übertragen wird, über Wärmeleitung durch die Lamellen zum Rohr übertragen werden muss. Diese Wärmeübertragung ist umso effektiver, je höher die Leitfähigkeit bzw. die Dicke der Lamelle ist, aber auch je kleiner der Abstand zwischen den Rohren ist. Man spricht hier vom Lamellenwirkungsgrad. Als Lamellenmaterial kommt deshalb heutzutage überwiegend Aluminium zum Einsatz, welches eine hohe Wärmeleitfähigkeit (ca. 220 W/mK) zu wirtschaftlichen Bedingungen aufweist. Der Rohrabstand sollte möglichst klein sein, was jedoch zu dem Problem führt, dass man viele Rohre benötigt. Viele Rohre bedeuten hohe Kosten, denn die Rohre (in der Regel aus Kupfer) sind erheblich teurer als die dünnen Aluminiumlamellen. Diese Materialkosten könnte man dadurch verringern, dass man den Rohrdurchmesser und die Wandstärke reduziert, d.h. man baut einen Wärmetauscher mit vielen kleinen Rohren anstatt mit wenigen großen Rohren. Thermodynamisch wäre diese Lösung optimal: Sehr viele Rohre in engem Abstand mit kleinen Durchmessern. Ein wesentlicher Kostenfaktor ist jedoch auch die Arbeitszeit zum Aufweiten und Verlöten der Rohre. Dieser würde bei einer solchen Geometrie extrem ansteigen.

Daher sind bereits vor einigen Jahren eine neue Klasse von Wärmetauschern, sogenannte Minichannel- oder Microchannelwärmetauscher oder auch Mikrokanalwärmetauscher entwickelt worden, die nach einem völlig anderen Verfahren hergestellt werden und fast dem Idealbild eines lamellierten Röhrenwärmetauschers entsprechen: viele kleine Rohre mit kleinen Abständen.

Anstatt kleiner Rohre werden jedoch beim Minichannelwärmetauscher Aluminiumstrangpressprofile verwendet, die sehr viele kleine Kanäle mit einem

Durchmesser von z.B. etwa 1mm haben. Ein solches, ebenfalls an sich bekanntes Strangpressprofil, ist z.B. bei dem erfindungsgemässen Ausführungsbeispiel der Fig. 1 verwendet und schematisch dargestellt. In der Praxis kann dabei ein Wärmetauscher, je nach geforderter Wärmeleistung, bereits mit einem einzigen Strangpressprofil als zentrales Wärmeaustauschelement auskommen. Um höhere Wärmeübertragungsleistungen zu erzielen, können selbstverständlich in einem einzigen Wärmetauschsystem auch mehrere Strangpressprofile gleichzeitig vorgesehen werden, die in geeigneten Kombinationen zum Beispiel über zu und Ableitungen miteinander verbunden, z.B. miteinander verlötet werden.

Solche Profile können z.B. in geeigneten Extrudierverfahren einfach und in vielfältigen Formen aus einer Vielzahl von Materialien hergestellt werden. Aber auch andere Herstellungsverfahren zur Herstellung von Minichannelwärmetauschern sind bekannt, wie z.B. das Zusammensetzen geeignet geformter Profilbleche oder andere geeignete Verfahren.

Diese Profile kann man nicht, und braucht man auch nicht aufzuweiten und sie werden auch nicht in gestanzte Lamellenpakete eingeschoben. Stattdessen werden zum Beispiel zwischen zwei eng aneinander liegenden Profilen (gängige Abstände beispielweise $< 1\text{cm}$) Blechstreifen, insbesondere Aluminiumblechstreifen gelegt, so dass durch abwechselndes aneinanderlegen von Blechstreifen und Profil ein Wärmetauscherpaket entsteht. Diese Paket wird dann in einem Lötöfen komplett verlötet.

Das heisst, auch bei Verwendung der Minichannelwärmetauscher werden zur Erhöhung der Oberfläche und zur Verbesserung des Wärmeübergangs, zum Beispiel zwischen dem Wärmemittel, das im Inneren des Minichannelwärmetauschers strömt, und der Luft, an die z.B. Wärme

abgegeben werden soll, analog zu den lamellierten Röhrenwärmetauschen ebenfalls häufig Lamellen verwendet.

Dabei ist es bei beiden Wärmetauschertypen bekannt, die Lamellen mit Schlitzen, sogenannten „Louvern“ zu versehen. Wie dem Fachmann wohl
5 bekannt ist, handelt es sich bei den Louvern meist um dachförmige Ausstellungen in den Lamellenflächen, durch die einerseits z.B. Luft durchströmen kann, an denen sich andererseits aber auch Verwirbelungen der Luft ausbilden können, so dass eine effektive Kontaktzeit bzw. eine effektive Kontaktfläche zwischen der Luft, mit der Wärme ausgetauscht werden soll, und
10 den Lamellen zusätzlich erhöht wird, so dass die Effizienz des Wärmeaustausches weiter gesteigert werden kann. Auch diese Massnahme ist seit langem bekannt, wobei die konkrete geometrische Ausgestaltung der Louver je nach Anwendung sehr unterschiedlich sein kann. Im einfachsten Fall ist ein Louver einfach ein Schlitz, also eine längliche schmale Aussparung bzw.
15 Öffnung in der Lamelle.

Durch die engen Abstände und die kleinen Kanaldurchmesser bei den Mikrokanalwärmetauschern entsteht ein Wärmetauscher mit einem sehr hohen Lamellenwirkungsgrad und einem sehr geringen Füllvolumen (Kanalinenseite). Die weiteren Vorteile dieser Technik sind die Vermeidung
20 von Materialpaarungen (Korrosion), das geringe Gewicht (kein Kupfer), die hohe Druckstabilität (ca. 100 bar) sowie die kompakte Bauform (typische Tiefe eines Wärmeaustauschers z.B. 20mm).

Im mobilen Einsatz haben sich Minichannelwärmetauscher im Laufe der 1990er Jahre etabliert. Das geringe Gewicht, die geringe Blocktiefe sowie die
25 begrenzten Abmessungen, die hier benötigt werden, sind die idealen Voraussetzungen dafür. Autokühler sowie Verflüssiger und Verdampfer für Autoklimaanlagen werden heute fast ausschließlich mit Minichannelwärmetauschern realisiert.

Im stationären Bereich werden zum einen meist größere Wärmeaustauscher benötigt, zum anderen stehen hier weniger das Gewicht und die Kompaktheit im Vordergrund als vielmehr das optimale PreisLeistungsverhältnis.

Minichannelwärmetauscher waren bisher in den Abmessungen zu begrenzt,
5 um dafür in Frage zu kommen. Es hätten viele kleine Module aufwendig verbunden werden müssen. Hinzu kommt, dass der Aluminiumeinsatz bei den Strangpressprofilen relativ hoch ist, so dass auch vom Materialeinsatz kaum ein Kostenvorteil zu erwarten war.

Vor allem der gegenüber Aluminium stark angestiegene Kupferpreis führt
10 jedoch jetzt dazu, dass diese Technologie auch für den stationären Einsatz zunehmend interessant wird.

Ein Problem bei allen bisher bekannten Wärmetauschsystemen ist dabei die Verschmutzung der Systemkomponenten des Wärmetauschsystems, insbesondere der Wärmetauscher selbst, das heisst, vor allem der Lamellen
15 der Wärmetauscher, was im Betriebszustand grundsätzlich nicht zu vermeiden.

Luftbeaufschlagte Wärmeaustauscher, wie z.B. Verflüssiger oder Rückkühler, arbeiten häufig in verunreinigten Umgebungen. Die Verunreinigung der Luft kann natürlicher Art sein (Pollen, Insekten, Staub, Blätter usw.) oder
20 industrieller Art (Schleifstaub, Reifenabrieb, Mehlstaub, Kartonagenstaub usw.). Viele Verunreinigungen bleiben an dem luftbeaufschlagten Wärmeaustauscher hängen und setzen diesen mit der Zeit zu.

Die Wärmetauscher, an denen zum Beispiel die Kühlluft unter zu Hilfenahme entsprechender Lüfter vorbeigeführt wird, können durch derartige und andere
25 Verschmutzungen aller Art, die in der Kühlluft enthalten sind, mit der Zeit mehr und mehr verschmutzt werden, was zum Beispiel dazu führen kann, dass der Wärmeübergangskoeffizient der Oberfläche des Wärmetauschers

herabgesetzt wird, so dass die Wärmeübertragungsleistung erheblich reduziert wird. Das kann zu erhöhten Betriebskosten führen oder in extremen Fällen kann das Wärmeaustauschsystem überhaupt nicht mehr die geforderte Wärmeaustauschleistung erbringen, was im schlimmsten Fällen zu schweren
5 Schäden führen kann.

Besonders anfällig für Verschmutzungen sind dabei die oben erwähnten Louvers. Gerade diese bieten einen guten Halt für Verschmutzungen aller Art. Die Verschmutzungen lagern sich an den Kanten der Louvers in den Lamellen an und führen so zu einer Verschlechterung des Wärmeübergangs der
10 Lamelle und damit zu Leistungseinbussen des Wärmetauschers, was in Folge zu einer Erhöhung des Verbrauchs von Energie, bis hin zu einem Funktionsstillstand führen kann.

Die Folge der Verschmutzungen ist somit sehr häufig, dass sich der luftseitige Widerstand erhöht und dadurch der Luftvolumenstrom reduziert wird und auch
15 der Wärmeübergang vermindert wird. Was zur Folge haben kann, dass eine zu kühlende angeschlossene Maschine, wie eine Datenverarbeitungsanlage oder eine Brennkraftmaschine oder eine andere Maschine sich überhitzt und dadurch Schaden nimmt. Aber auch Schäden an Waren, wie zum Beispiel an Lebensmitteln, die in einem Kühlhaus gelagert werden, können zum Beispiel
20 bei mangelnder Kühlung verderben.

Dabei tritt diese Problematik sowohl bei lamellierten Röhrenwärmetauschern als auch bei den mit Lamellen versehen Mikokanalwärmetauschern auf.

Um derartigen gravierenden Schäden vorzubeugen und solchen Verschmutzungen entgegenzuwirken, muss der Wärmeaustauscher entweder
25 regelmäßig aufwendig gereinigt oder mit einem entsprechenden Filter versehen werden. Auch die Filter müssen jedoch regelmäßig gereinigt werden.

- Dabei ist bei den bekannten Systemen die Reinigung des Wärmetauschers allein schon aus konstruktiven Gründen, zum Beispiel weil der Wärmetauscher im Einbauzustand nicht ohne weiteres direkt zugänglich ist, umständlich damit aufwendig und teuer. Bei vielen bekannten
- 5 Wärmetauschsystemen ist es beispielsweise notwendig ein Gehäuse zu öffnen, um z.B. den Wärmetauscher selbst oder andere wesentlichen Komponenten im inneren des Gehäuses des Wärmeaustauschsystems zu reinigen oder auch nur um zu kontrollieren, ob eine Reinigung notwendig ist oder vielleicht noch aufgeschoben werden kann. Dabei ist das Öffnen der
- 10 Gehäuse nicht nur aufwendig und umständlich. Auch müssen in diesem Fall die entsprechenden angeschlossenen Wärmemaschinen wie bereits erwähnt ausser Betrieb gesetzt werden, da sonst eine Öffnung des Gehäuses des Wärmeaustauschsystems allein schon aus Sicherheitsgründen nicht gestattet ist oder aus technischen Gründen im Betriebszustand gar nicht möglich ist.
- 15 Ein weiterer Punkt ist, dass eine mit der Zeit zunehmende Verschmutzung durch geeignete Steuerung und / oder Regelung des Wärmetauschsystems in gewissen Grenzen ausgeglichen werden kann, z.B. indem eine Leistung eines Lüfters, der die Luft zum Wärmeaustausch durch den Wärmetauscher befördert, in seiner Leistung in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad
- 20 angepasst wird. Oder indem ein Durchfluss oder ein Betriebsdruck eines Wärmemittels durch den Wärmetauscher geeignet nachreguliert wird oder eine andere Betriebsgrösse entsprechend angepasst wird.

All diese Massnahmen setzen allerdings voraus, dass der Grad der Verschmutzung des Wärmetauschsystems bekannt sein muss, und zwar

25 bevorzugt nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ bekannt sein muss und speziell auch die Veränderung der Verschmutzung in Abhängigkeit von der Zeit erfassbar sein muss.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Wärmetauschsystem bereit zu stellen, das die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme überwindet und das es insbesondere gestattet, den Verschmutzungsgrad des Wärmetauschsystems, im Speziellen der Lamellen
5 des Wärmetauschers kontinuierlich zu überwachen. Insbesondere soll ein Wärmetauschsystem vorgeschlagen werden, bei welchem in vorgegeben Grenzen bestimmte relevante Betriebsgrößen an die sich verändernde Verschmutzung des Wärmetauschsystems angepasst werden können, so
10 dass eine Wärmeübertragungsleistung des Wärmetauschers bzw. des gesamten Wärmetauschsystems auch über eine längere Betriebsdauer optimierbar ist, und auch über lange Betriebszeiten eine vorgebbare Wärmeübertragungsleistung auch bei zunehmender Verschmutzung gewährleistet ist. Darüber hinaus soll durch die Erfindung sicher gestellt
15 werden, dass ein vorgebbarer Verschmutzungsgrad automatisch erkannt wird, so dass der optimale Zeitpunkt für notwendige Reinigungsarbeiten ohne grossen Aufwand automatisch erkennbar ist.

Die diese Aufgaben lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 11 gekennzeichnet.

Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte
20 Ausführungsformen der Erfindung.

Die Erfindung betrifft somit ein Wärmetauschsystem umfassend einen Wärmetauscher mit einem in einem Strömungssegment angeordneten Strömungskanal. Zum Austausch von Wärme zwischen einem Transportfluidum und einem den Strömungskanal im Betriebszustand
25 durchströmenden Wärmemittel ist das Transportfluidum über eine Einströmfläche mit dem Wärmetauscher in strömenden Kontakt bringbar, und über eine Ausströmfläche vom Wärmetauscher wieder wegführbar. Erfindungsgemäss ist zur Bestimmung eines Verschmutzungsgrades des

Wärmetauschers ein Verschmutzungssensor in Form eines Drucksensors und / oder eines Geschwindigkeitssensors vorgesehen, mit welchem eine Transportkenngrosse, die für die Strömung des Transportfluidums von der Einströmfläche über die Ausströmfläche charakteristisch ist, bestimmbar.

- 5 Durch den erfindungsgemässen Verschmutzungssensor, der die charakteristische Transportkenngrosse überwacht, ist es erstmals möglich, eine mit der Zeit zunehmende Verschmutzung des Wärmetauschsystems automatisch und kontinuierlich zu überwachen, wobei eine Leistungsabnahme des Wärmetauschers mittels des erfindungsgemässen
- 10 Verschmutzungssensors bereits erkannt wird, bevor der Druckverlust über den Wärmetauscher signifikant ansteigt. Es ist nämlich eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, der die Leistungsabnahme des Wärmetauschers bereits bei einem Verschmutzungsgrad massiv einsetzt, bei welchem die zunehmende Verschmutzung des Wärmetauschers noch nicht zu einem
- 15 Anstieg des Druckverlusts über dem Wärmetauscher führt. Sondern im Gegenteil, in einem eher frühen Stadium der Verschmutzung zu einem Abfall des Druckverlusts über dem Wärmetauscher führt.

Das heisst, durch die vorliegende Erfindung ist es erstmals möglich, aus der charakteristischen Transportkenngrosse des Wärmetauschers, zum Beispiel

20 aus dem Druckabfall über den Wärmetauscher oder aus einer Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums, z.B. der durch den Wärmetauscher strömenden Luft, zuverlässige Rückschlüsse auf die Leistung bzw. die Veränderung der Leistung zu Wärmetauschers zu ziehen.

Dadurch kann zum Beispiel durch geeignete Steuerung und / oder Regelung

25 des Wärmetauschsystems in gewissen Grenzen eine zunehmende Verschmutzung des Wärmetauschsystems ausgeglichen werden, z.B. indem eine Leistung eines Lüfters, der die Luft zum Wärmeaustausch durch den Wärmetauscher befördert, in seiner Leistung in Abhängigkeit vom

Verschmutzungsgrad angepasst wird. Oder aber indem ein Durchfluss oder ein Betriebsdruck eines Wärmemittels durch den Wärmetauscher geeignet nachreguliert wird oder eine andere Betriebsgrösse entsprechend angepasst wird.

- 5 Dabei ist es in einem für die Praxis besonders wichtigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung möglich, den Grad der Verschmutzung des Wärmetauschsystems kontinuierlich zu ermitteln, und zwar wenn notwendig nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ, wobei speziell auch die Veränderung der Verschmutzung in Abhängigkeit von der Zeit erfassbar ist.
- 10 D.h., der Verschmutzungsgrad des Wärmetauschsystems, im Speziellen der Lamellen des Wärmetauschers kann bei dem erfindungsgemässen Wärmetauschsystem kontinuierlich überwacht werden.

- Dies gestattet es, in vorgegeben Grenzen bestimmte relevante Betriebsgrössen an die sich verändernde Verschmutzung des
- 15 Wärmetauschsystems systematisch anzupassen, so dass eine Wärmeübertragungsleistung des Wärmetauschers bzw. des gesamten Wärmetauschsystems auch über eine längere Betriebsdauer, selbst bei zunehmender Verschmutzung ständig optimierbar ist, wodurch auch über lange Betriebszeiten unabhängig von der Verschmutzung des
- 20 Wärmetauschers eine vorgebbare Wärmeübertragungsleistung gewährleistet bleibt. Ein vorgebbarer Verschmutzungsgrad kann durch die Erfindung automatisch erkannt werden, so dass der optimale Zeitpunkt für notwendige Reinigungs- und Wartungsarbeiten ohne grossen Aufwand automatisch erkennbar ist.

- 25 Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zu Grunde, dass eine charakteristische Transportkenngrösse des Transportfluidums in eindeutiger und reproduzierbarer Weise vom Verschmutzungsgrad des

Wärmetauschsystems, insbesondere vom Verschmutzungsgrad des Wärmetauschers abhängt.

- Die Transportkenngrösse kann dabei zum Beispiel eine Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums durch den Wärmetauscher sein, also beispielsweise eine Strömungsgeschwindigkeit der Luft durch den Wärmetauscher. Die Transportkenngrösse kann aber auch ein Druck des Transportfluidums sein, zum Beispiel ein Druck der Luft bevor sie über die Einströmfläche in den Wärmetauscher eintritt, oder ein Druck beim oder nach dem Ausströmen über die Ausströmfläche des Wärmetauschers.
- 10 Besonders bevorzugt ist die Transportkenngrösse eine Druckdifferenz oder ein Druckverlust über den Wärmetauscher. Wie später noch anhand der Fig. 4 und Fig. 5 ausführlich erläutert werden wird, hat sich nämlich in Versuchen herausgestellt, dass eine zunehmende Verschmutzung des Wärmetauschers den Druckverlust des strömenden Transportfluidums in Abhängigkeit vom
- 15 Verschmutzungsgrad in charakteristischer Weise beeinflusst.

- Durch entsprechende Eichmessungen kann dann zum Beispiel eine Look-up Tabelle oder eine mathematische Funktion generiert werden, die in abhängig vom Druckverlust und / oder eines absoluten Druckwertes und / oder einer charakteristischen Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums den Verschmutzungsgrad des Wärmetauschsystems widerspiegelt, wobei eventuell noch weitere Parameter wie zum Beispiel die Drehzahl eines Lüfters, eine Temperatur oder andere Parameter oder Betriebs- und Zustandsgrössen des Wärmetauschsystems zu berücksichtigen sind. Welche Parameter im Einzelnen für die Bestimmung des Verschmutzungsgrades
- 20 eventuell zu berücksichtigen sind, weiss der Fachmann und hängt selbstverständlich von der konkreten Ausführung eines entsprechenden Wärmetauschsystems ab.

Besonders vorteilhaft kann die Erfindung bei Wärmetauschern eingesetzt werden, die eine Lamelle zur Vergrößerung der effektiven Wärmeübertragungsfläche umfassen, wobei die Lamelle bevorzugt mit den eingangs versehenen Louvers ausgestattet ist.

- 5 Die Verschmutzung der Louvers führt nämlich völlig überraschenderweise zunächst zu einem verminderten Druckverlust, wie später noch anhand der Fig. 5 erläutert werden wird. Hierbei fällt der Druckverlust als Funktion der Menge der Verschmutzung zunächst bis zu einem Minimum ab, um dann bei fortschreitender Verschmutzung wieder anzusteigen. Das heisst, der
- 10 Druckverlust über dem Wärmetauscher nimmt mit steigender Verschmutzung zunächst ab, völlig anders als erwartet.

Es ist eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, dass die zunehmende Verschmutzung der Louvers, insbesondere der Kanten aber auch der Öffnungsschlitze der Louvers, die Verwirbelung vor allem an den Kanten der

15 Louvers reduziert bzw. minimiert oder bei entsprechender Verschmutzung sogar ganz verhindert wird, so dass weniger Turbulenzen entstehen und damit der Gesamtdruckverlust durch den durch die Lamelle gebildeten Strömungskanal verkleinert wird. Das heisst, die damit einhergehende Leistungsabnahme des Wärmetauschers resultiert aus der Verminderung der

20 Verwirbelungen an den Louvers, weil die damit die effektive Kontaktzeit bzw. die effektive Kontaktfläche des Transportfluidums mit dem Wärmeaustauscher reduziert wird.

Unter Nutzung dieser Erkenntnis kann in einem speziellen Ausführungsbeispiel ein sehr einfacher Verschmutzungssensor zur Messung

25 des Druckverlustes an einem erfindungsgemässen Wärmetauschersystem installiert, der einen Abfall des Druckverlustes über den Wärmetauscher detektiert und damit den Grad der Verschmutzung, bevorzugt zeitabhängig messen kann. Im Speziellen sollte hierbei sicher gestellt werden, dass die

Luftmengen, zu denen der jeweilige Druckverlust über den Wärmetauscher gemessen wird, jeweils im sauberen und verschmutzten Zustand im Wesentlichen gleich sind. Die Drehzahlen des Lüfters und weitere Umgebungsbedingungen sollten also bevorzugt zwischen sauberem und verschmutztem Zustand weitgehend gleich sein. Zum Beispiel bei drehzahlgeregelten Ventilatoren nach EC Technologie kann hierzu unter anderem auch die Stromaufnahme des Motors als Signal verwendet werden.

Wie bereits mehrfach erwähnt, kann in einem für die Praxis besonders wichtigen Ausführungsbeispiel zur Erhöhung einer Wärmeaustauschrate an einem Strömungssegment eine Lamelle vorgesehen sein, wobei an der Lamelle bevorzugt eine Durchströmöffnung, insbesondere in Form eines Louvers vorgesehen ist.

Dabei ist mindestens ein Wärmetauscher eines erfindungsgemässen Wärmetauschsystems ein Mikrokanalwärmetauscher und / oder mindestens ein Wärmetauscher ist ein Röhrenwärmetauscher.

Meist wird in der Praxis bei einem Wärmetauschsystem der vorliegenden Erfindung in an sich bekannter Weise eine Transporteinrichtung, insbesondere ein Lüfter zum Transport des Transportfluidums von der Einströmfläche zur Ausströmfläche vorgesehen sein, wobei in der Praxis das Transportfluidum sehr häufig die Umgebungsluft ist.

Wie ebenfalls bereits erwähnt, kann die Transportkenngrösse ein Druck des Transportfluidums, insbesondere ein Druckverlust zwischen der Einströmfläche und der Ausströmfläche des Wärmetauschers sein, und / oder die Transportkenngrösse kann eine Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums und / oder auch eine andere charakteristische Strömungseigenschaft des Transportfluidums sein.

Besonders vorteilhaft ist zur Steuerung und / oder Regelung und / oder zum Zweck einer Datenerfassung eines Betriebs- oder Zustandsparameters des Wärmetauschsystems, eine Ansteuereinheit, insbesondere eine Ansteuereinheit mit einer Datenverarbeitungsanlage mit einem Sensor des

5 Wärmetauschers und / oder mit der Transporteinrichtung und / oder mit dem Verschmutzungssensors und / oder mit einer Wärmemaschine signalverbunden.

Dabei kann in der Praxis das erfindungsgemässe Wärmetauschsystem ein Kühler, insbesondere ein Kühler für ein Fahrzeug, im Speziellen für ein

10 Landfahrzeug, für ein Luftfahrzeug oder für ein Wasserfahrzeug sein, oder ein Kühler, ein Kondensator oder ein Verdampfer für eine mobile oder stationäre Heizungsanlage, Kühlanlage oder Klimaanlage, insbesondere eine Kühlervorrichtung für eine Maschine, eine Datenverarbeitungsanlage oder für ein Gebäude sein.

15 Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betreiben eines beschriebenen Wärmetauschsystems gemäss der vorliegenden Erfindung, wobei eine Transportkenngrösse gemessen wird, und aus der Transportkenngrösse ein Verschmutzungsgrad des Wärmetauschers ermittelt wird.

In einem für die Praxis besonders wichtigen Ausführungsbeispiel wird dabei

20 aus der Transportkenngrösse ein Druckabfall über den Wärmetauscher ermittelt wobei insbesondere ein Rückgang einer Wärmeübertragungsleistung des Wärmetauschers aus dem Druckverlust ermittelt werden kann.

Dabei kann eine Leistung der Transporteinrichtung, insbesondere eine Drehzahl des Lüfters in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des

25 Wärmetauschers gesteuert und / oder geregelt werden und / oder ein Zeitpunkt für eine Wartungsroutine kann beispielsweise in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad automatisch ermittelt werden.

Vorteilhaft werden bei einem erfindungsgemässen Wärmetauschsystem in einem Online-Verfahren, insbesondere über ein Intranet und / oder über das Internet, Betriebs- und / oder Zustandsdaten von einer Steuerzentrale überwacht und / oder das Wärmetauschsystem wird in dieser Art gesteuert
5 und / oder geregelt.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 10 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschsystems mit Mikrokanalwärmetauscher;
- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 mit lamelliertem Rohrwärmetauscher;
- Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel mit Differenzdruckmessung zur Bestimmung eines Druckverlustes;
- 15 Fig. 4 Druckverlust bei verschiedenen Verschmutzungsgraden in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums;
- Fig. 5 Druckverlust- und Leistungskurve in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad.

20

In Fig. 1 ist in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Wärmetauschsystems mit einem

Mikrokanalwärmetauscher dargestellt, das im Folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 versehen ist.

Das erfindungsgemässe Wärmetauschsystem 1 der Fig. 1 umfasst einen Wärmetauscher 2, der im vorliegenden Beispiel ein an sich bekannter
5 Mikrokanalwärmetauscher 2 ist, mit einem in einem Strömungssegment 21 angeordneten Strömungskanal 210. Zum Austausch von Wärme zwischen einem Transportfluidum 3, das im vorliegenden Fall die Umgebungsluft ist, und einem den Strömungskanal 210 im Betriebszustand durchströmenden Wärmemittel 4, das zum Beispiel ein Kältemittel 4 ist, wie etwa CO₂, ist das
10 Transportfluidum 3 über eine Einströmfläche 201 mit dem Wärmetauscher 2 in strömenden Kontakt bringbar und über eine Ausströmfläche 202 vom Wärmetauscher 2 wieder wegführbar.

Gemäss der vorliegenden Erfindung ist zur Bestimmung einer Verschmutzung des Wärmetauschers 2 ein Verschmutzungssensor 5 vorgesehen, der im
15 vorliegenden Beispiel in Strömungsrichtung der Luft 3 vor dem Lamellenpaket aus Lamellen 6 angeordnet ist. Der Verschmutzungssensor 6 ist entweder ein Drucksensor 6 oder ein Geschwindigkeitssensor 6 oder eine Durchflusssensor 6 oder ein anderer geeigneter Verschmutzungssensor 6, mit welchem eine Transportkenngrösse TK, die für die Strömung des Transportfluidums 3 von
20 der Einströmfläche 201 über die Ausströmfläche 202 charakteristisch ist, bestimmbar ist.

Das Lamellenpaket mit der Mehrzahl von Lamellen 6 mit Lamellenoberfläche 62 dient zur Erhöhung einer Wärmeaustauschrate zwischen dem Strömungssegment 21 und dem Transportfluidum 3, das im vorliegenden
25 Beispiel Umgebungsluft 3 ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 sind eventuell vorhandene Louver nicht explizit dargestellt. Es können somit bei einem speziellen

Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 Louver an der Lamelle 6 vorgesehen sein und bei einem anderen Ausführungsbeispiel nicht, weil für eine entsprechende andere Anwendung keine Louver benötigt werden.

In der Praxis wird ein in Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht
5 dargestellter Lüfter 7 zum Transport der Luft 3 durch das Paket aus Lamellen 6 vorgesehen sein, so dass zum Beispiel eine Strömungsgeschwindigkeit LG gemäss Fig. 4 einstellbar ist, beispielsweise in Abhängigkeit einer Stärke der Verschmutzung des Wärmetauschers 2, die mit Hilfe des Verschmutzungssensors 5 detektiert worden ist. Das Transportfluidum Luft 3
10 wird dabei vom Lüfter 7 in Richtung der Pfeile 3 durch das Paket aus Lamellen 6 geblasen.

Deutlich zu sehen sind in Fig. 1, das sich auf ein erfindungsgemässes Ausführungsbeispiel mit einem Mikrokanalwärmetauscher 2 bezieht, die Vielzahl von Strömungskanälen 210, die hier Mikrokanäle 210 sind.

15 Fig. 2 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel der Fig. 1 im Wesentlichen nur dadurch, dass anstatt eines Mikrokanalwärmetauschers 2 ein klassischer lamellierter Rohrwärmetauscher 2 verwendet wird, wobei deutlich die Louver 61 in den Lamellen 6 zu sehen sind, die im Beispiel der Fig. 2 noch nicht verschmutzt sind. Ein weiterer Unterschied zum Beispiel der Fig. 1 besteht
20 daran, dass der Verschmutzungssensor 5 innerhalb des Lamellenpakets aus Lamellen 6 untergebracht ist.

Es versteht sich von selbst, dass bei jedem erfindungsgemässen Ausführungsbeispiel auch weitere Verschmutzungssensoren 5 an geeigneten Orten alternativ angeordnet oder zusätzlich mehrere
25 Verschmutzungssensoren 5 gleichzeitig vorgesehen sein können.

Für ganz spezielle Anordnungen ist es sogar möglich, dass in ein und demselben Wärmetauschsystem gleichzeitig ein Mikrokanalwärmetauscher 2

und ein klassischer lamellierter Rohrwärmetauscher gleichzeitig vorgesehen werden.

In Fig. 3 ist ein weiteres, für die Praxis sehr bedeutendes Ausführungsbeispiel mit Differenzdruckmessung zur Bestimmung eines Druckverlustes ΔP über den Wärmetauscher 2 schematisch dargestellt. Der Lüfter 7 befördert in an sich bekannter Weise Umgebungsluft 3 mit der charakteristischen Transportkenngrösse TK über die Einströmfläche 201 durch den Wärmetauscher 2 und führt die Luft 3 über die Ausströmfläche 202 durch eine Abdeckung A aus dem Wärmetauschsystem 1 wieder der Umgebung zu.

10 Zur Bestimmung des Druckverlustes ΔP beim Durchtritt der Luft 3 durch den Wärmetauscher 2 sind jeweils darstellungsgemäss links vor der Einströmfläche 201 und darstellungsgemäss rechts hinter der Ausströmfläche 202 ein Verschmutzungssensor 5 vorgesehen, so dass aus einer gemessenen Druckdifferenz der Druckverlust ΔP über den Wärmetauscher 2
15 bestimmbar sind.

Es versteht sich, dass es für die Erfindung in erster Linie nicht massgebend ist, mit welchen Mitteln der der Druckverlust ΔP bestimmt wird. Es kann also ebenso auch ein anderer an sich bekannter Differenzdruckmesser vorteilhaft verwendet werden.

20 In Fig. 4 ist schliesslich noch ein typisches Kennlinienfeld der charakteristischen Transportkenngrösse TK für ein Wärmetauschsystem 1 mit einem Mikrokanalwärmetauscher 2 mit Lamellen 6 und Louvern 61 schematisch dargestellt.

Beim Beispiel der Fig. 4 ist als Transportkenngrösse TK der Druckverlust ΔP
25 bei verschiedenen Verschmutzungsgraden V , (V_0, V_1, \dots bis V_{\max}) in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit LG des Transportfluidums 3 aufgetragen. Der Fachmann versteht ohne Probleme, dass man entsprechende Kennlinienfelder auch für andere Transportkenngrössen TK,

zum Beispiel für die Durchflussmenge usw. erstellen kann und selbstverständlich auch für andere Typen von Wärmetauschern, z.B. für einen lamellierten Rohrwärmetauscher.

Die Kurve V_0 gehört zu einem Wärmetauschersystem 1, das frisch gereinigt wurde, also noch nicht verschmutzt ist. Nach einer bestimmten Betriebsdauer wurde beim selben Wärmetauschersystem 1 die Kurve V_1 des Kennlinienfeldes aufgenommen. Der Wärmetauscher 2 ist jetzt bereits deutlich stärker verschmutzt, was sich an dem entsprechenden kleineren Druckverlust ΔP erkennen lässt. Die Kurve V_1 verläuft viel flacher als die Kurve V_0 , die zu dem unverschmutzten Wärmetauscher 2 gehört. Nach weiterem Betrieb wird der Wärmetauscher 2 immer mehr verschmutzt, bis er schliesslich über V_2, V_3 usw. bei der Kurve V_{\max} die maximal zulässige Verschmutzung aufweist und wieder gereinigt werden muss.

Fig. 5 zeigt schliesslich in schematischer Darstellung ein charakteristisches Diagramm, das den Zusammenhang zwischen dem Verschmutzungsgrad V und der daraus resultierenden Veränderung des Druckverlusts ΔP erläutert, sowie den damit einhergehenden Rückgang der Wärmeübertragungsleistung PW des Wärmetauschers 2.

Auf der horizontalen Abszisse ist der Verschmutzungsgrad V des Wärmetauschers 2 dargestellt, der darstellungsgemäss von links nach rechts zunimmt, wobei auf der linken Ordinatenachse ΔP der Druckverlusts ΔP über den Wärmetauscher 2 aufgetragen ist, während auf der rechten Ordinatenachse PW gleichzeitig die aus dem zunehmenden Verschmutzungsgrad V resultierende Abnahme der Wärmeübertragungsleistung PW abzulesen ist.

Die durchgezogene Linie ΔP entspricht dabei dem Verlauf des Druckverlusts ΔP in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad V , während die punktierte Linie

den Abfall der Wärmeübertragungsleistung PW in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad V zeigt. Der Druckverlust ΔP und die Wärmeübertragungsleistung PW sind dabei bei einem Verschmutzungsgrad V identisch null, das heisst für den nicht verschmutzten Wärmetauscher 2
5 jeweils auf 100% normiert.

Bei noch geringer Verschmutzung V bleibt der Druckabfall ΔP über den Wärmetauscher 2 zunächst fast konstant bis zu einem kritischen Verschmutzungsgrad VK , ab dem der Druckverlust ΔP mit weiter zunehmendem Verschmutzungsgrad V schlagartig und signifikant abnimmt,
10 bis der Wert des Druckverlusts ΔP bei einem Verschmutzungsgrad V_m einen minimalen Wert erreicht. Gleichzeitig fällt die Wärmeübertragungsleistung PW rapide ab. Vor und in dem Verschmutzungsintervall zwischen VK und V_m setzen sich zunächst im wesentlichen nur die Louvers 61 mit Schmutzpartikeln zu, was dazu führt dass, die Turbulenzen des
15 Transportfluidums 3, also z.B. der durch den Wärmetauscher 2 strömenden Luft 3 umso mehr reduziert werden, je stärker die Louvers 61 mit Schmutz verstopft werden. Die Luft 3 kann dadurch leichter und / oder schneller durch den Wärmetauscher 2 hindurch treten. Das hat einerseits eine Reduzierung des Druckverlusts ΔP zur Folge und führt andererseits dazu, dass die effektive
20 Kontaktzeit bzw. die effektive Kontaktfläche zwischen Transportmedium 3 und Wärmetauscher 2 reduziert, was die beobachtete massive Reduktion der Wärmeübertragungsleistung PW zur Folge hat.

Bei noch stärkerer Verschmutzung steigt der Druckverlust ΔP wieder an. Der Grund dafür ist, dass jetzt zunehmend auch die Zwischenräume zwischen den
25 einzelnen Lamellen, in die die Louvers 61 eingearbeitet sind, durch Schmutz verstopft werden, so dass pro Zeiteinheit bei gleicher Lüfterleistung immer weniger Luft 3 durch den Wärmetauscher 2 transportiert werden kann.

Wesentlich ist dabei, dass in der Nähe des Minimums des Druckverlusts ΔP die Wärmeübertragungsleistung P_W bereits auf ein nicht mehr tolerierbares Mass abgesunken ist, im vorliegenden speziellen Beispiel bereits auf 50% der maximal möglichen Wärmeübertragungsleistung P_W abgefallen ist.

- 5 Es ist somit eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, dass eine Reinigung des Wärmetauschers nicht erst bei einem ansteigenden Druckverlust ΔP vorzunehmen ist, sondern bereits viel früher, nämlich in einer Phase, wenn der Druckverlust ΔP signifikant abfällt.

- 10 Somit kann mit der vorliegenden Erfindung einerseits die Einhaltung von Reinigungsintervallen optimal sichergestellt werden, und andererseits ein optimal ausgelegter Betrieb des erfindungsgemässen Wärmetauschersystems garantiert werden. Weiterhin stehen die quasi automatisch anfallenden elektronischen Signale auch für andere Zwecke zur Verfügung und können
15 beispielsweise auch vorteilhaft für verschiedene Servicezwecke verwendet werden.

Patentansprüche

1. Wärmetauschsystem umfassend einen Wärmetauscher (2) mit einem in
einem Strömungssegment (21) angeordneten Strömungskanal (210),
wobei zum Austausch von Wärme zwischen einem Transportfluidum (3)
5 und einem den Strömungskanal (210) im Betriebszustand
durchströmenden Wärmemittel (4), das Transportfluidum (3) über eine
Einströmfläche (201) mit dem Wärmetauscher (2) in strömenden Kontakt
bringbar ist, und über eine Ausströmfläche (202) vom Wärmetauscher (2)
wieder wegführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung
10 eines Verschmutzungsgrads (V) des Wärmetauschers (2) ein
Verschmutzungssensor (5) in Form eines Drucksensors (5) und / oder
eines Geschwindigkeitssensors (5) vorgesehen ist, mit welchem eine
Transportkenngrösse (TK), die für die Strömung des Transportfluidums (3)
von der Einströmfläche (201) über die Ausströmfläche (202)
15 charakteristisch ist, bestimmbar ist.
2. Wärmetauschsystem nach Anspruch 1, wobei zur Erhöhung einer
Wärmeaustauschrate an einem Strömungssegment (21) eine Lamelle (6)
vorgesehen ist.
3. Wärmetauschsystem nach Anspruch 2, wobei an der Lamelle (6) eine
20 Durchströmöffnung (61), insbesondere in Form eines Louvers (61)
vorgesehen ist.
4. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
mindestens ein Wärmetauscher (2) ein Mikrokanalwärmetauscher (2) ist.
5. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
25 mindestens ein Wärmetauscher (2) ein Röhrenwärmetauscher (2) ist.

6. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Transporteinrichtung (7), insbesondere ein Lüfter (7) zum Transport des Transportfluidums (3) von der Einströmfläche (201) zur Ausströmfläche (202) vorgesehen ist.
- 5 7. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Transportkenngrösse (TK) ein Druck des Transportfluidums (3) ist, insbesondere ein Druckverlust (ΔP) zwischen der Einströmfläche (201) und der Ausströmfläche (202) des Wärmetauschers (2) ist.
- 10 8. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Transportkenngrösse (TK) eine Strömungsgeschwindigkeit des Transportfluidums (3) ist.
- 15 9. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zur Steuerung und / oder Regelung und / oder zum Zweck einer Datenerfassung eines Betriebs- oder Zustandsparameters des Wärmetauschsystems, eine Ansteuereinheit, insbesondere eine Ansteuereinheit mit einer Datenverarbeitungsanlage mit einem Sensor des Wärmetauschers (2) und / oder mit der Transporteinrichtung (7) und / oder mit dem Verschmutzungssensors (5) und / oder mit einer Wärmemaschine signalverbunden ist.
- 20 10. Wärmetauschsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Wärmetauschsystem ein Kühler ist, insbesondere ein Kühler für ein Fahrzeug, im Speziellen für ein Landfahrzeug, für ein Luftfahrzeug oder für ein Wasserfahrzeug, oder ein Kühler, ein Kondensator oder ein Verdampfer für eine mobile oder stationäre Heizungsanlage, Kühlanlage
25 oder Klimaanlage ist, insbesondere eine Kühlvorrichtung für eine Maschine, eine Datenverarbeitungsanlage oder für ein Gebäude ist.
11. Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschsystems (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Transportkenngrösse (TK)

gemessen wird, und aus der Transportkenngrösse (TK) ein Verschmutzungsgrad (V) eines Wärmetauschers (2) ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei aus der Transportkenngrösse (TK) ein Druckabfall (ΔP) ermittelt wird.
- 5 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei ein Rückgang einer Wärmeübertragungsleistung (PW) des Wärmetauschers (2) aus dem Druckverlust (ΔP) ermittelt wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei eine Leistung der Transporteinrichtung (7), insbesondere eine Drehzahl des Lüfters (7) in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des Wärmetauschers (2) gesteuert und / oder geregelt wird und / oder wobei ein Zeitpunkt für eine Wartungsroutine in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad automatisch ermittelt wird.
- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei vom Wärmetauschersystem (1) in einem Online-Verfahren, insbesondere über ein Intranet und / oder über das Internet, Betriebs- und / oder Zustandsdaten von einer Steuerzentrale überwacht und / oder das Wärmetauschersystem (1) gesteuert und / oder geregelt wird.

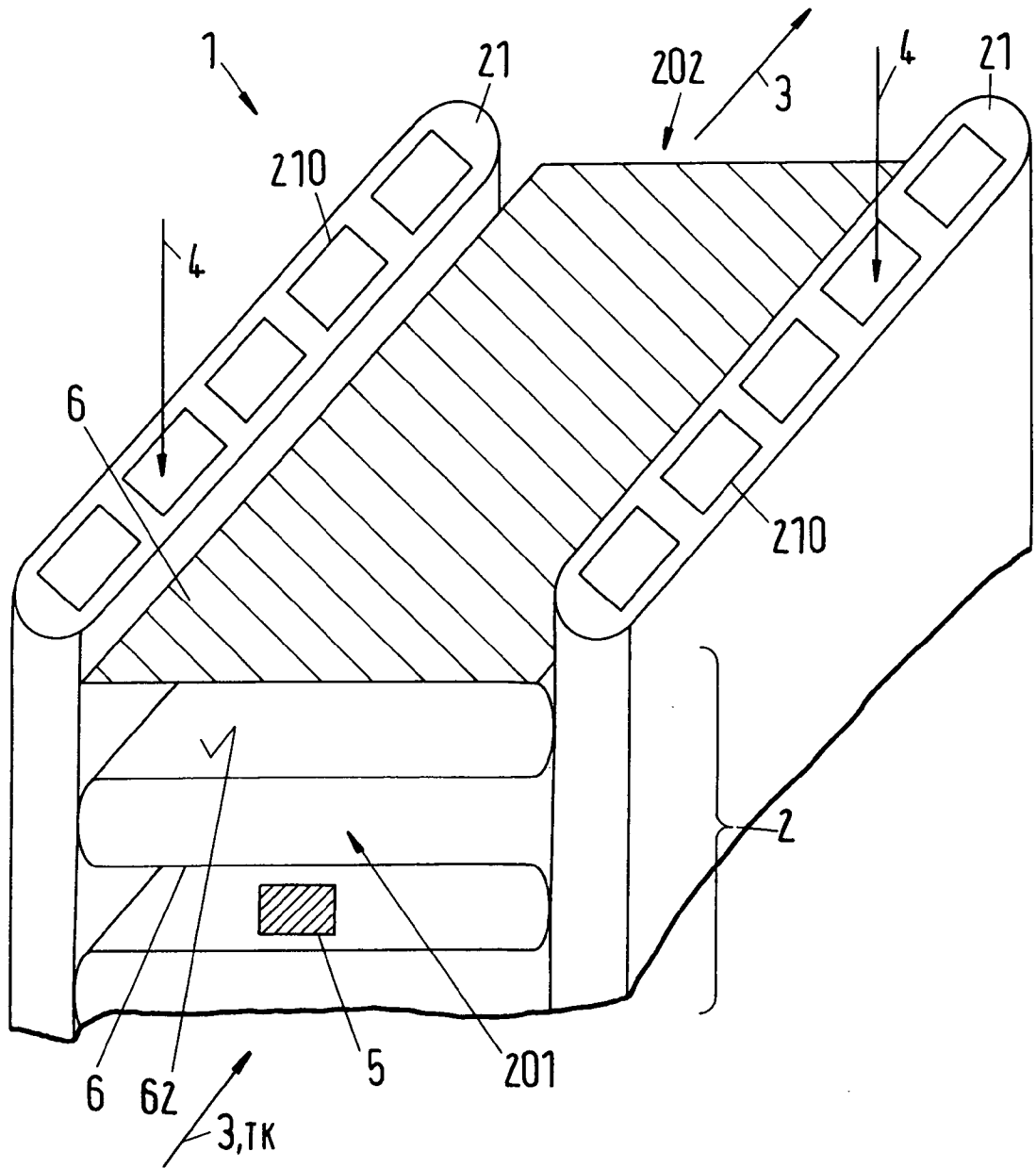


Fig.1

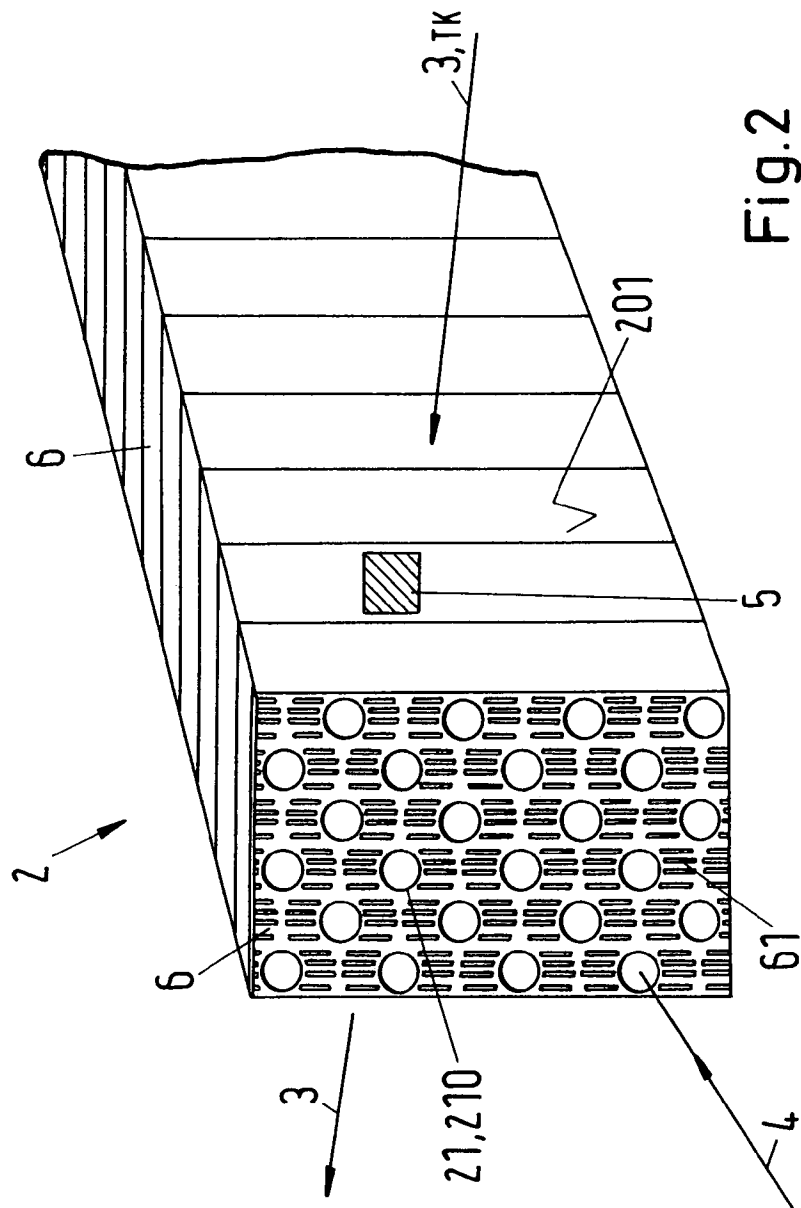


Fig. 2

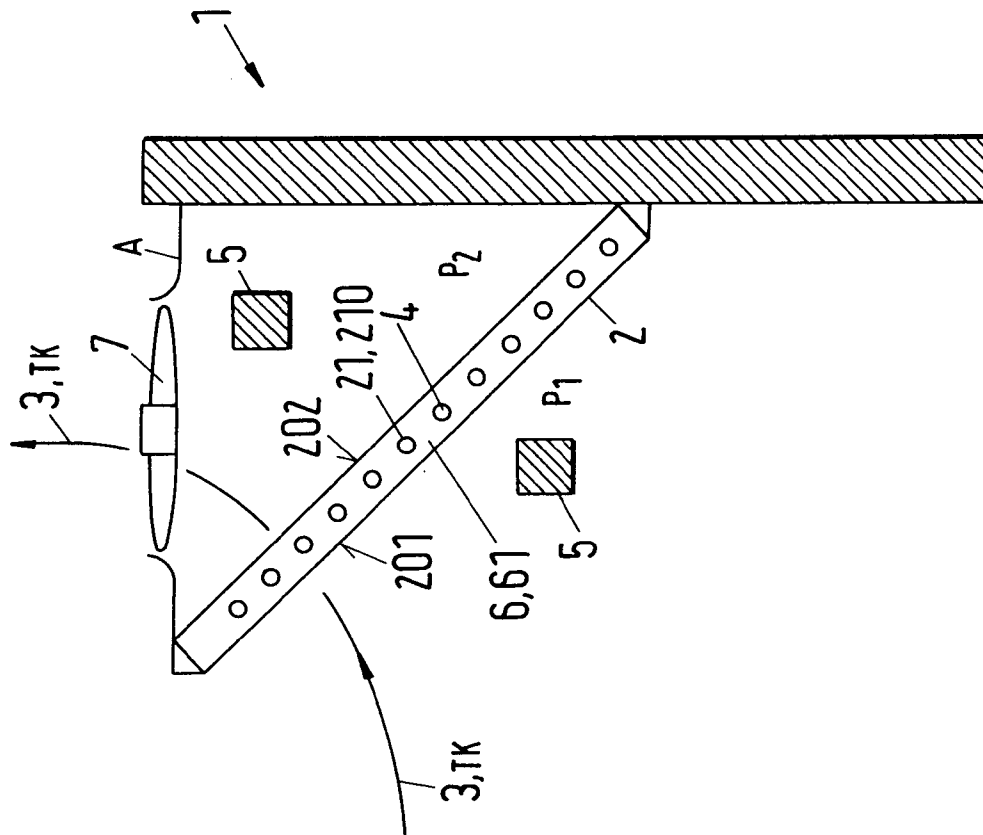


Fig.3

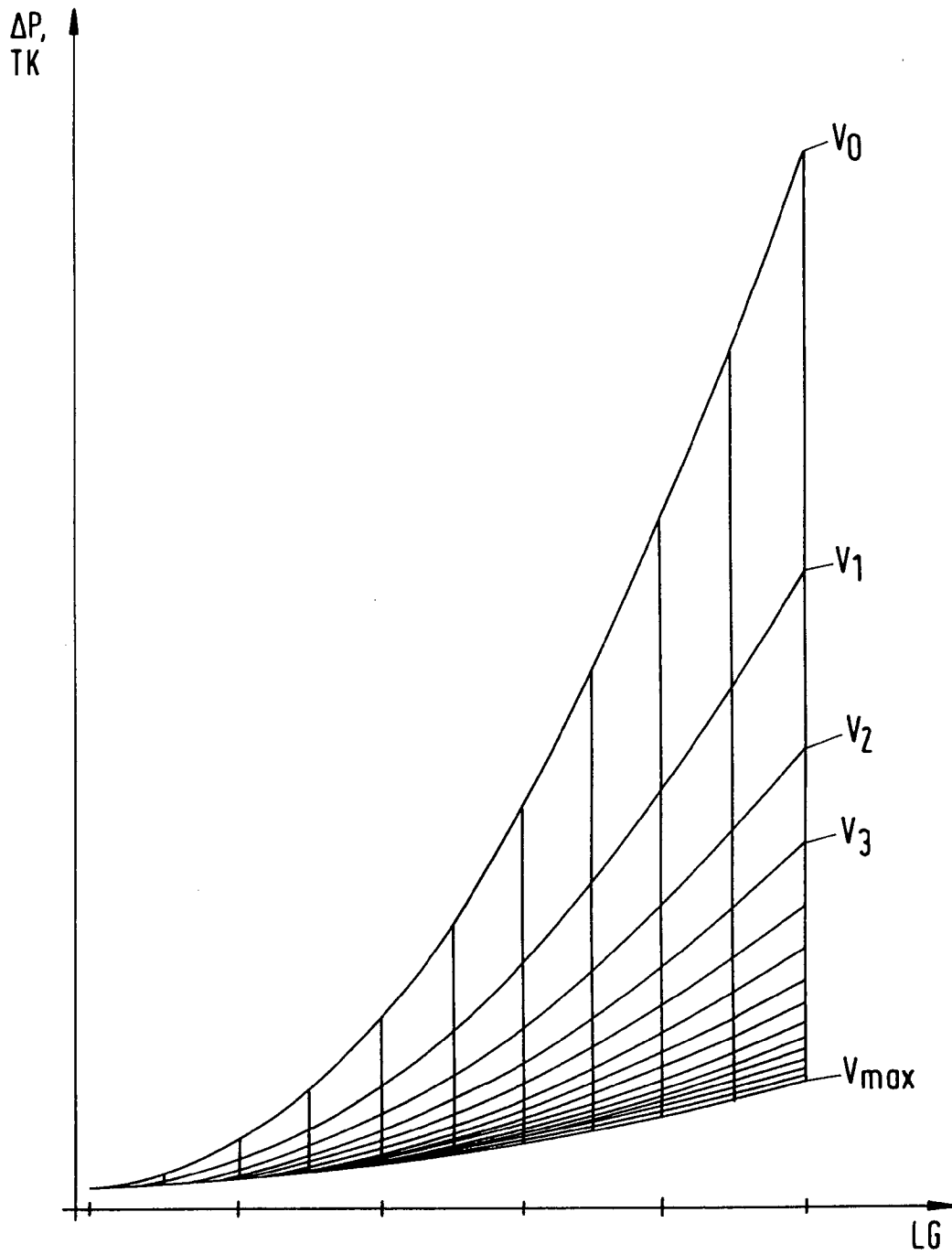


Fig.4

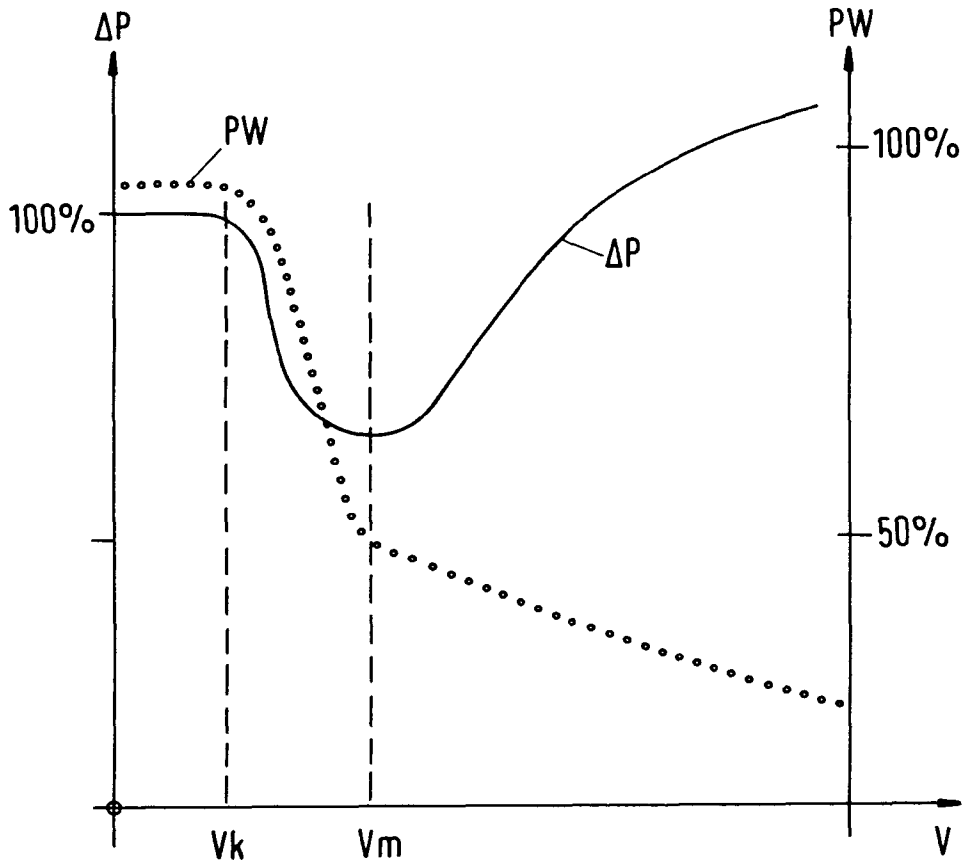


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/058632

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F28F19/00 F28F27/00
 ADD.

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)
 F28F

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 practical, 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.
X	US 2006/032247 A1 (KATES LAWRENCE [US]) 16 February 2006 (2006-02-16) paragraph [0159]; figures 1,10a	1,2,5,6, 10-13
X	US 5 005 351 A (ARCHER DAVID H [US]) 9 April 1991 (1991-04-09) column 5, line 41 - column 6, line 25; figures 1,2	1,5,11
X	US 4 390 058 A (OTAKE KATSUMOTO [JP] ET AL) 28 June 1983 (1983-06-28) column 2, line 66 - column 3, line 8	1,5,11
X	DE 20 2004 021057 U1 (WIESSNER GMBH [DE]) 14 September 2006 (2006-09-14) paragraph [0073]; figure 1	1,11

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 document 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

31 March 2010

Date of mailing of the international search report

21/04/2010

Name and mailing address of the ISA/
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Martínez Rico, Celia

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/058632

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006032247 A1	16-02-2006	US 2006032379 A1 US 2006032248 A1 US 2006196196 A1 US 2008016888 A1 US 2006032245 A1	16-02-2006 16-02-2006 07-09-2006 24-01-2008 16-02-2006
US 5005351 A	09-04-1991	EP 0444892 A2 JP 4217786 A	04-09-1991 07-08-1992
US 4390058 A	28-06-1983	CA 1152215 A1 DE 3066652 D1 EP 0030459 A1 JP 1244136 C JP 56080692 A JP 59019273 B	16-08-1983 22-03-1984 17-06-1981 14-12-1984 02-07-1981 04-05-1984
DE 202004021057 U1	14-09-2006	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/058632

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F28F19/00 F28F27/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F28F

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.
X	US 2006/032247 A1 (KATES LAWRENCE [US]) 16. Februar 2006 (2006-02-16) Absatz [0159]; Abbildungen 1,10a	1,2,5,6, 10-13
X	US 5 005 351 A (ARCHER DAVID H [US]) 9. April 1991 (1991-04-09) Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 6, Zeile 25; Abbildungen 1,2	1,5,11
X	US 4 390 058 A (OTAKE KATSUMOTO [JP] ET AL) 28. Juni 1983 (1983-06-28) Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 8	1,5,11
X	DE 20 2004 021057 U1 (WIESSNER GMBH [DE]) 14. September 2006 (2006-09-14) Absatz [0073]; Abbildung 1	1,11

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen 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" älteres Dokument, 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 - "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
31. März 2010	21/04/2010
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 Martínez Rico, Celia

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/058632

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006032247 A1	16-02-2006	US 2006032379 A1	16-02-2006
		US 2006032248 A1	16-02-2006
		US 2006196196 A1	07-09-2006
		US 2008016888 A1	24-01-2008
		US 2006032245 A1	16-02-2006
US 5005351 A	09-04-1991	EP 0444892 A2	04-09-1991
		JP 4217786 A	07-08-1992
US 4390058 A	28-06-1983	CA 1152215 A1	16-08-1983
		DE 3066652 D1	22-03-1984
		EP 0030459 A1	17-06-1981
		JP 1244136 C	14-12-1984
		JP 56080692 A	02-07-1981
		JP 59019273 B	04-05-1984
DE 202004021057 U1	14-09-2006	KEINE	