



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.07.2016 Patentblatt 2016/30**

(51) Int Cl.:  
**F28F 1/40** <sup>(2006.01)</sup> **F28F 3/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**F28F 13/12** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **15202230.7**

(22) Anmeldetag: **23.06.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

- **Maucher, Ulrich**  
**70825 Korntal-Münchingen (DE)**
- **Schmidt, Michael**  
**74321 Bietigheim-Bissingen (DE)**

(30) Priorität: **24.06.2005 DE 102005029321**

(74) Vertreter: **Grael, Andreas**  
**Grael IP**  
**Patentanwaltskanzlei**  
**Wartbergstrasse 14**  
**70191 Stuttgart (DE)**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:  
**06762163.1 / 1 899 670**

(71) Anmelder: **MAHLE Behr GmbH & Co. KG**  
**70469 Stuttgart (DE)**

Bemerkungen:

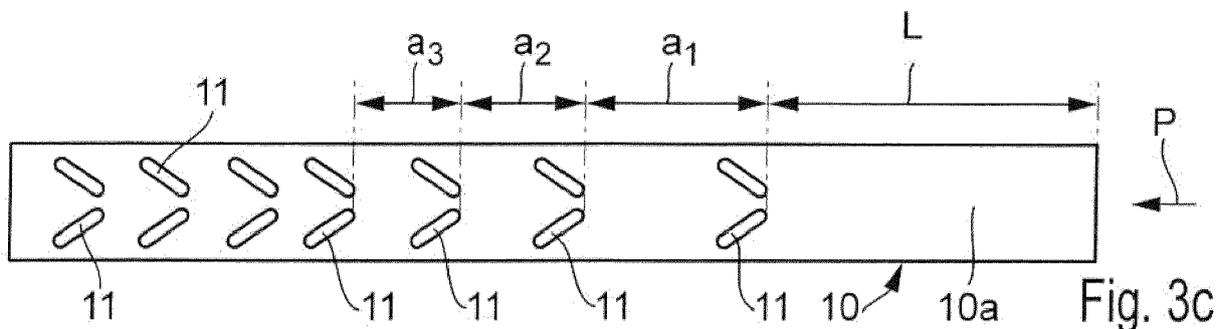
Diese Anmeldung ist am 22-12-2015 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(72) Erfinder:  
• **Geskes, Peter**  
**73760 Ostfildern (DE)**

(54) **WÄRMEÜBERTRAGER**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager mit mindestens einem von einem Strömungsmedium von einem Eintritts- bis zu einem Austrittsquerschnitt durchströmbar, eine Innen- und eine Außenseite aufweisenden Strömungskanal, welcher auf der Innenseite Strukturelemente zur Erhöhung des Wärmeüberganges aufweist.

Es wird vorgeschlagen, dass die Strukturelemente (11) in Strömungsrichtung (P) variabel angeordnet und/oder ausgebildet sind, derart, dass der Strömungskanal (10) auf der Innenseite einen variablen, insbesondere einen in Strömungsrichtung (P) zunehmenden Wärmeübergang aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 - bekannt durch die EP 0 677 715 A1 der Anmelderin.

**[0002]** Es ist bekannt, in Strömungskanälen von Wärmeübertragern zur Erhöhung des Wärmeüberganges Strukturelemente anzuordnen, welche Wirbel und eine turbulente Strömung erzeugen. Derartige Strukturelemente sind in verschiedensten Ausführungsformen bekannt, z. B. als gewellte Innenrippen, Turbulenzeinlagen, Stegrippen oder auch als aus der Wand des Strömungskanals ausgeformte Wirbelerzeuger, welche in die Strömung hineinragen. Durch die EP 0 677 715 A1 der Anmelderin wurde ein Wärmeübertrager mit Turbulenzeinlagen bekannt, welche paarweise aufgestellte, einen Winkel zur Strömungsrichtung bildende Laschen aufweisen. Der bekannte Wärmeübertrager wird insbesondere zur Kühlung von Abgas verwendet, wobei eine Flüssigkeitskühlung oder Luftkühlung vorgesehen ist. Die V-förmig angeordneten Laschen mit sich in Strömungsrichtung öffnendem V erzeugen einerseits eine turbulente Strömung und verhindern durch ihre Wirbelbildung eine Ablagerung von Ruß, welcher im Abgas enthalten ist.

**[0003]** Weiterentwicklungen der V-förmig angeordneten Strukturelemente wurden durch die DE 195 40 683 A1, die DE 196 54 367 A1 sowie die DE 196 54 368 A1 der Anmelderin für Abgaswärmeübertrager bekannt. Dabei sind die V-förmig angeordneten Strukturelemente durch spanlose Umformung aus der Wandung der Abgasrohre ausgeformt. Die V-förmig angeordneten Strukturelemente, auch als so genannte Winglets bezeichnet, können somit wirtschaftlich, d. h. zu geringen Kosten in die Abgasrohre eingebracht werden.

**[0004]** Wie durch die EP 1 061 319 A1 und die DE 101 27 084 A1 der Anmelderin bekannt geworden, werden ähnliche Strukturelemente auch für andere Arten von Wärmeübertragern, z. B. luftgekühlte Kühlmittelkühler verwendet. Allen bekannten Strukturelementen ist gemeinsam, dass sie im Wesentlichen gleichmäßig über die gesamte Länge der betreffenden Strömungskanäle, seien es Abgasrohre oder Kühlmittelflachrohre, verteilt sind. Einerseits wird durch die Strukturelemente der gewünschte erhöhte Wärmeübergang erzielt, andererseits wird dieser Vorteil mit einem erhöhten Druckabfall auf der Abgas- bzw. Kühlmittelseite erkauft. Insbesondere bei Abgaswärmeübertragern, welche in der Abgasrückführung eines Verbrennungsmotors angeordnet sind, ist ein erhöhter Druckabfall wegen des damit einhergehenden erhöhten Abgasgegendruckes nicht erwünscht. Andererseits wird insbesondere für Abgaswärmeübertrager von Kraftfahrzeugen eine erhöhte Leistungsdichte gefordert.

**[0005]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Wärmeübertrager der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass ein Optimum zwischen Leistungsdichte und Druckabfall erzielt wird.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des

Patentanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Dichte der Strukturelemente variabel, insbesondere in Strömungsrichtung zunehmend ist. Mit dieser konstruktiven Maßnahme wird auch die Wärmeübergangszahl auf der Innenseite des Strömungskanals variabel, insbesondere nimmt der Wärmeübergang in Strömungsrichtung zu, während er im Eintrittsbereich der Strömung vergleichsweise gering oder minimal ist. Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass die Wärmeabfuhr im Eintrittsbereich des Strömungskanals - beispielsweise an ein den Strömungskanal umströmendes Kühlmedium - aufgrund der dort herrschenden hohen Temperaturdifferenz größer als im stromabwärtigen Bereich des Strömungskanals ist, und dass eine sich an der Innenwand des Strömungskanals ausbildende, in Strömungsrichtung wachsende Temperaturgrenzschicht im Eintrittsbereich noch relativ dünn ist. Insofern kann im Eintrittsbereich auf Strukturelemente zur Erhöhung des Wärmeüberganges auf der Innenseite des Strömungskanals zu Gunsten eines in diesem Bereich reduzierten Druckabfalls verzichtet werden. Die Dichte der Strukturelemente ist dabei an die lokal im Strömungskanal herrschenden Bedingungen bezüglich Temperaturdifferenz und Temperaturgrenzschicht angepasst. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung der Strukturelemente wird der Vorteil erreicht, dass der Druckabfall im Strömungskanal bei hoher Leistungsdichte reduziert wird.

**[0007]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Vorzugsweise kann der Eintrittsbereich des Strömungskanals zunächst glattwandig, d. h. ohne Strukturelemente ausgebildet sein, da - wie erwähnt - in diesem Bereich aufgrund der hohen Temperaturdifferenz und der geringen Grenzschichtdicke bereits eine hohe Leistungsdichte erzielt wird. Bei sinkender Temperaturdifferenz und zunehmender Grenzschichtdicke werden dann stromabwärts im Strömungskanal Strukturelemente mit zunehmender Dichte bzw. mit der Wärmeübertragung zunehmend erhöhender Wirkung angeordnet. Vorteilhafterweise sind die Strukturelemente als Wirbel erzeugende Einprägungen in der Wand des Strömungskanals ausgebildet, als so genannte Winglets, wie sie für Abgaswärmeübertrager gemäß dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt sind. Die Anordnung und Ausbildung der Winglets im Strömungskanal kann erfindungsgemäß variabel gestaltet werden: so kann der Abstand der Winglets in Strömungsrichtung kontinuierlich oder stufenweise zunehmen, ebenso die Höhe der Winglets, die in die Strömung hineinreicht. Aus Fertigungsgründen ist es vorteilhaft, wenn die Abstände jeweils ein Vielfaches des kleinsten Abstandes betragen. Ferner kann der Winkel, den die V-förmig angeordneten Winglets einschließen, in Strömungsrichtung kontinuierlich oder stufenweise vergrößert werden, wodurch ebenfalls der Wärmeübergang, allerdings auch der Druckabfall erhöht wird.

**[0008]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die erfindungsgemäße Anordnung der Strukturelemente mit variabler Dichte insbesondere

für Abgaswärmeübertrager von Verbrennungsmotoren für Kraftfahrzeuge vorteilhaft verwendbar. Abgaswärmeübertrager erfordern einerseits eine hohe Leistungsdichte und andererseits einen geringen Abgasgegendruck, damit die benötigten AGR-Raten (Anteil des rückgeführten Abgases am Gesamtabgasstrom) zur Erreichung der Emissionsvorschriften erzielt werden können. Der aus der Erfindung resultierende reduzierte Druckabfall wirkt sich also bei Verwendung als Abgaswärmeübertrager besonders vorteilhaft aus. Darüber hinaus ist auch eine vorteilhafte Anwendung in Ladeluftkühlern für Verbrennungsmotoren und allgemein in Gasströmungskanälen gegeben.

**[0009]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind auf der Innenseite des Strömungskanals Rippen, insbesondere Stegrippen als Strukturelemente angeordnet, welche den Wärmeübergang erhöhen. Erfindungsgemäß weisen die Rippenelemente eine Dichte auf, welche in Strömungsrichtung variabel ist, d. h. vorzugsweise stufenweise in Strömungsrichtung zunimmt, wobei wiederum im Eintrittsbereich gänzlich auf eine Innenberippung verzichtet werden kann. Die Änderung der Dichte kann bei einer Stegrippe vorteilhaft durch eine variable Längs- oder Querteilung oder durch einen variablen Anstellwinkel für die Strömung erreicht werden. Auch dadurch wird der Vorteil eines reduzierten Druckabfalls erreicht. Zusätzlich zur Änderung der Rippendichte könnten weitere Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeüberganges getroffen werden, z. B. die Anordnung von Kiemen oder Fenstern in den Flanken der Wellrippen, ebenfalls mit dem Ziel, den Wärmeübergang in Strömungsrichtung variabel zu gestalten. Die erfindungsgemäßen Maßnahmen sind insbesondere im Eintrittsbereich des jeweiligen Strömungskanals vorteilhaft, d. h. in dem Bereich der Strömung, wo noch instationäre Verhältnisse bezüglich der Temperaturdifferenz und der Dicke der Grenzschicht herrschen. Diese Parameter erreichen stromabwärts einen nahezu stationären Zustand, wo eine variable Dichte der Strukturelemente keine wesentlichen Vorteile mehr bringt.

**[0010]** Vorteilhaft ist, wenn am stromaufwärtigen und am stromabwärtigen Ende eines Strömungskanals ein glatter Bereich, ohne Strukturelemente, als Trennstelle belassen ist.

**[0011]** Vorteilhaft ist, wenn bei einer Verwendung als Wärmeübertrager die Strömungskanäle als von Abgas durchströmbare und von einem Kühlmittel umströmbare Abgasrohre ausgebildet sind.

**[0012]** Vorteilhaft ist, wenn die Strukturelemente, insbesondere die Innenrippen eine Rippendichte aufweisen, die in Strömungsrichtung variabel, insbesondere in Strömungsrichtung (P) zunehmend ist.

**[0013]** Vorteilhaft ist, wenn die Rippendichte in Stufen zunimmt.

**[0014]** Vorteilhaft ist, wenn die Stegrippe eine variable Längsteilung ( $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 \dots t_x$ ) aufweist.

**[0015]** Vorteilhaft ist, wenn die kleinste Längsteilung  $t_x$  einen Grenzwert  $t_x > 0,3 H$  aufweist, wobei H die Kanal-

höhe ist.

**[0016]** Vorteilhaft ist, wenn die Stegrippe einen variablen Anstellwinkel ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_x$ ) aufweist, wobei der Anstellwinkel vorzugsweise im Bereich von  $0 < \alpha < 30^\circ$  liegt.

**[0017]** Vorteilhaft ist, wenn die Stegrippe eine variable Querteilung ( $q_1, q_2, q_3 \dots q_x$ ) aufweist.

**[0018]** Vorteilhaft ist, wenn die Querteilung q einen Bereich von  $8 > q > 1$  mm, vorzugsweise  $5 > q > 2$  mm aufweist.

**[0019]** Vorteilhaft ist, wenn die Innenrippe eine Längswellung mit variabler Teilung ( $t_1, t_2, t_3, t_4$ ) aufweist.

**[0020]** Vorteilhaft ist, wenn die Teilung t der Innenrippe einen Bereich von  $10 < t < 50$  mm aufweist.

**[0021]** Vorteilhaft ist, wenn die Strömungskanäle als Rohre, insbesondere als Rohre eines Rohrbündels ausgebildet sind.

**[0022]** Vorteilhaft ist, wenn die Strömungskanäle als Scheiben, insbesondere als Scheiben eines Scheibenpaketes ausgebildet sind.

**[0023]** Vorteilhaft ist, wenn eine Verwendung des Wärmeübertragers als Ladeluftkühler zur Kühlung von Verbrennungsluft für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges vorgesehen ist.

**[0024]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Temperaturprofil im Eintrittsbereich eines Strömungskanals,

Fig. 2 die Abhängigkeit der Wärmeübergangszahl  $\alpha$  von der Länge des Strömungskanals,

Fig. 3a - 3e die erfindungsgemäße Anordnung von Strukturelementen mit variabler Dichte in einem Strömungskanal,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Innenrippen unterschiedlicher Rippendichte,

Fig. 5 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung für eine Stegrippe mit variabler Längsteilung,

Fig. 6 ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung für eine Stegrippe mit variablem Anstellwinkel,

Fig. 7 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung für eine Stegrippe mit variabler Querteilung und

Fig. 8 ein sechstes Ausführungsbeispiel der Erfindung für eine gewellte Innenrippe mit variabler Wellenlänge (Teilung).

**[0025]** Fig. 1 zeigt einen als Rohr 1 ausgebildeten Strömungskanal 2, welcher einen Eintrittsquerschnitt 3 aufweist und von einem Strömungsmedium entsprechend dem Pfeil P durchströmt wird. Vorzugsweise wird das Rohr 1 von einem heißen Abgas eines nicht dargestellten Verbrennungsmotors durchströmt und ist Teil eines nicht dargestellten Abgaswärmeübertragers. Das Rohr 1 weist eine glatte Innenseite bzw. Innenwandung 1a und eine Außenseite bzw. Außenwandung 1b auf, welche von einem vorzugsweise flüssigen Kühlmittel gekühlt wird. Das heiße Abgas gibt also seine Wärme über das Rohr 1 an das Kühlmittel ab. Bei der Durchströmung des Strömungskanals 2 bildet sich an der Innenwand 1a eine Temperaturgrenzschicht 4 aus, welche vom Eintrittsquerschnitt 3 in Strömungsrichtung des Pfeiles P in ihrer Dicke d zunimmt. Der Temperaturverlauf in dieser Grenzschicht 4 ist durch ein Temperaturprofil 5 dargestellt. Die Temperatur in der Temperaturgrenzschicht steigt also von einer Temperatur  $T_a$  an der Innenwand 1a bis zu einem Temperaturniveau  $T_i$  im Inneren des Strömungskanals (Kernströmung), welche der Abgaseintrittstemperatur entspricht. Durch die wachsende Temperaturgrenzschicht 4 verschlechtern sich die Wärmeübergangsverhältnisse im Eintrittsbereich des Rohres 1.

**[0026]** Fig. 2 zeigt ein Diagramm, bei welchem die Wärmeübergangszahl  $\alpha$  als relative Größe aufgetragen ist über der Länge  $l$  eines glattwandigen Strömungskanals, d. h. vom Eintrittsquerschnitt (Bezugszahl 3 in Fig. 1) in Strömungsrichtung des Strömungsmediums. Die Länge  $l$  ist in Millimetern aufgetragen. Die Wärmeübergangszahl  $\alpha$  ist im Eintrittsquerschnitt, d. h. bei  $l = 0$  mit 1 (100 %) angesetzt. Mit zunehmender Länge, d. h. in Strömungsrichtung im Strömungskanal 2 (Fig. 1) sinkt die Wärmeübergangszahl  $\alpha$  bis auf etwa 0,8 (80 %) des Wertes am Eintrittsquerschnitt ab. Dies ist in erster Linie auf die Ausbildung der Temperaturgrenzschicht 4 gemäß Fig. 1 zurückzuführen.

**[0027]** Fig. 3a, 3b, 3c, 3d und 3e zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit fünf verschiedenen Varianten, nämlich die Anordnung von Strukturelementen mit variabler Dichte. Fig. 3a zeigt in einer ersten Variante einen schematisch dargestellten Strömungskanal 6, vorzugsweise ein Abgasrohr eines nicht dargestellten Abgaswärmeübertragers, wobei das Abgasrohr 6 entsprechend dem Pfeil P durchströmt wird. Die Außenseite des Abgasrohres 6 wird - was nicht dargestellt, jedoch aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt ist - vorzugsweise von einem flüssigen Kühlmittel umspült - möglich ist allerdings auch eine Luftkühlung. Das Abgasrohr 6 ist als Edelstahlrohr, bestehend aus zwei miteinander verschweißten Hälften, mit rechteckigem Querschnitt ausgebildet. Das Abgasrohr 6 weist einen Eintrittsbereich 6a auf, der über eine Länge  $L$  glattwandig ausgebildet ist. An den glattwandigen Bereich 6a schließt sich stromabwärts ein Bereich 6b an, in welchem V-förmig angeordnete, aus der Rohrwand geprägte Strukturelemente 7, so genannte Winglets, angeordnet sind. Die Winglett-Paare 7 sind im Abschnitt 6b mit glei-

chem Abstand und in gleicher Ausbildung angeordnet. Der Übergang vom glattwandigen Bereich 6a auf den mit Winglets 7 belegten Bereich 6b erfolgt somit in Form einer "Stufe". Wie eingangs erwähnt, wird in dem glattwandigen Bereich 6a trotz fehlender Strukturelemente ein hinreichend großer Wärmeübergang bzw. Wärmedurchgang erzielt, da die Temperaturdifferenz noch hinreichend groß und die Temperaturgrenzschicht relativ gering ist. An der Stelle, wo diese Bedingungen nicht mehr zutreffen, sind Strukturelemente 7 angeordnet, die für eine Verbesserung des Wärmeüberganges (Wärmeübergangszahl  $\alpha$ ) sorgen. Der glattwandige Bereich 6a - dies gilt auch für die nachfolgenden Varianten 3b, 3c, 3d, 3e - kann eine Länge von bis zu 100 mm aufweisen.

**[0028]** In einer zweiten Variante gemäß Fig. 3b ist ein Rechteckrohr 8 im Längsschnitt dargestellt, welches ebenfalls einen glattwandigen Eintrittsbereich 8a und eine Kanalhöhe  $H$  aufweist. Stromabwärts dieses glattwandigen Bereiches 8a sind Winglett-Paare 9 mit in Strömungsrichtung gleichen Abständen  $a$  angeordnet, jedoch mit unterschiedlichen Höhen  $h$ : die in den Strömungsquerschnitt des Abgasrohres 8 hineinragenden Höhen  $h$  der Winglett-Paare 9 wachsen kontinuierlich in Strömungsrichtung P. Damit wird der Wärmeübergang in diesem Rohrabschnitt sukzessive gesteigert. Gleichzeitig wächst der Druckabfall. Der Übergang vom glatten zum nicht glatten Bereich ist somit kontinuierlich. In einer bevorzugten Ausführungsform ist für das Verhältnis  $h/H$  ein Bereich von  $0,05 \leq h/H \leq 0,4$  gewählt.

**[0029]** In einer dritten Variante gemäß Fig. 3c sind in einem Rohr 10 Winglett-Paare 11 mit in Strömungsrichtung P abnehmenden Abständen  $a_1, a_2, a_3$  angeordnet. Damit wird der Wärmeübergang, ausgehend von dem glatten Eintrittsbereich 10a, sukzessive erhöht, da die Dichte der Strukturelemente bzw. Winglets 11 größer wird. Aus Gründen einer vereinfachten Fertigung können die Abstände  $a_1, a_2, a_3$  jeweils ein Vielfaches des minimalen Abstandes  $a_x$  betragen. Letzterer liegt vorteilhaft in einem Bereich von  $5 < a_x < 50$  mm und bevorzugt in einem Bereich von  $8 < a_x < 30$  mm.

**[0030]** Fig. 3d zeigt eine vierte Variante für die Anordnung von Strukturelementen mit unterschiedlicher Dichte in einem Abgasrohr 12, welches entsprechend dem Pfeil P von Abgas durchströmbar ist. Der glattwandige Eintrittsbereich 12a ist vergleichsweise zu den vorherigen Ausführungsbeispielen kürzer. Daran schließen sich Winglett-Paare 13 mit in Strömungsrichtung gleichen Abständen, jedoch mit unterschiedlichem Winkel  $\beta$  (Winkel gegenüber Strömungsrichtung P) an. Die Winglets des stromaufwärts gelegenen Winglett-Paares 12 sind fast parallel ausgerichtet ( $\beta \approx 0$ ), während der von den Winglets gebildete Winkel  $\beta$  des stromabwärts gelegenen Winglett-Paares 13 ca. 45 Grad beträgt. Die dazwischen liegenden Winglett-Paare 13 weisen entsprechende Zwischenwerte auf, so dass die Wärmeübergangszahl für die Innenwand des Abgasrohres 13 infolge der zunehmenden Spreizung der Winglets in Strömungsrichtung wächst, und zwar kontinuierlich bzw. in kleinen Schritten.

Der Winkel  $\beta$  liegt vorteilhaft in einem Bereich von  $20^\circ < \beta < 50^\circ$ .

**[0031]** Fig. 3e zeigt eine fünfte Variante mit einem Abgasrohr 30, einem glattwandigen Bereich 30a und daran anschließenden Reihen von parallel zueinander angeordneten Winglets 31, welche jeweils mit der Strömungsrichtung P einen Winkel  $\beta$  bilden. Die Reihen weisen in Strömungsrichtung P abnehmende Abstände  $a_1, a_2, a_3$  auf, wobei der Winkel  $\beta$  der Winglets 31 von Reihe zu Reihe das Vorzeichen wechselt.

**[0032]** Bei allen Rohren ist vorzugsweise am Rohrfang und am Rohrende ein glatter Bereich ohne Strukturelemente belassen, damit bei einer Ablängung der Rohre eine saubere Trennstelle herstellbar ist.

**[0033]** Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung für einen Strömungskanal 14, welcher entsprechend dem Pfeil P von einem Strömungsmedium angeströmt wird - hierbei kann es sich beispielsweise um ein flüssiges Kühlmittel oder auch um Ladeluft handeln. Die Außenseite des Strömungskanals 14 kann durch ein gasförmiges oder flüssiges Kühlmedium gekühlt werden. Der Strömungskanal 14 weist einen glattwandigen Eintrittsbereich 14a auf, an welchen sich in Strömungsrichtung P ein erster mit Innenrippen 15 versehener Bereich 14b und daran ein weiterer berippter Bereich 14c anschließt. Die Bereiche 14b und 14c weisen eine unterschiedliche Rippendichte auf - im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Rippendichte im stromabwärts gelegenen Bereich 14c doppelt so groß wie im stromaufwärts gelegenen Bereich 14b, da zwischen den durchgehenden Rippen 15 weitere Rippen 16 angeordnet sind. Damit wird ebenfalls eine Erhöhung des Wärmeüberganges erreicht, und zwar in Stufen von 14a über 14b nach 14c.

**[0034]** Fig. 5 zeigt als drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung einen Gasströmungskanal, in welchem eine Stegrippe 17 mit variabler Längsteilung  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  angeordnet ist. In der zeichnerischen Darstellung ist  $t_1 > t_2 > t_3 > t_4 > t_5$ , d. h. der Wärmeübergang nimmt von  $t_1$  nach  $t_5$ , d. h. in Strömungsrichtung P zu. Stegrippen werden insbesondere bei Ladeluftkühlern eingesetzt und sind vorzugsweise mit den Rohren verlötet. Bei einer vorteilhaften Ausführung weist das Verhältnis der kleinsten Teilung  $t_x$  zur Kanalhöhe H einen Grenzwert von  $0,3 < t_x/H$  auf.

**[0035]** Fig. 6 zeigt als viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung einen Gasströmungskanal, in welchem eine Stegrippe 18 mit variablen Anstellwinkeln  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_x$  angeordnet ist. Vorteilhafte Anstellwinkel liegen im Bereich von  $0 < \alpha < 30^\circ$ .

**[0036]** Fig. 7 zeigt als fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung einen Gasströmungskanal, in welchem eine Stegrippe 19 mit variabler Querteilung  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_6$  angeordnet ist, wobei der Wärmeübergang mit kleiner werdender Querteilung von  $q_1$  in Richtung  $q_6$ , d. h. in Strömungsrichtung P steigt. Vorteilhafte Bereiche für die Querteilung  $q$  sind  $8 > q > 1$  mm und bevorzugt  $5 > q > 2$  mm.

**[0037]** Fig. 8 zeigt in einem Gasströmungskanal eine in Strömungsrichtung P gewellte (tiefengewellte) Innenrippe 20 mit variabler Teilung  $t_1, t_2, t_3, t_4$  - der Wärmeübergang steigt hier in Richtung kleiner werdender Teilung  $t$ . Vorteilhafte Bereiche für die Teilung  $t$  sind  $10 < t < 50$  mm.

**[0038]** In Abwandlung der dargestellten Ausführungsbeispiele kann eine Variation des Wärmeüberganges im Strömungskanal auch durch weitere aus dem

**[0039]** Stand der Technik bekannte Mittel erreicht werden, beispielsweise durch Anordnung von Kiemen oder Fenstern in den Rippen. Darüber hinaus können andere Formen von Strukturelementen zur Wirbelerzeugung bzw. zur Erhöhung des Wärmeüberganges gewählt werden. Die Anwendung der Erfindung ist nicht auf Abgaswärmeübertrager beschränkt, sondern erstreckt sich auch auf Ladeluftkühler, deren Rohre von heißer Ladeluft durchströmt werden, sowie generell auf Gasströmungskanäle, welche als Rohre eines Rohrbündelwärmeübertragers oder als Scheiben eines Scheibenwärmeübertragers ausgebildet sein können.

#### Patentansprüche

1. Wärmeübertrager mit mindestens einem von einem Strömungsmedium von einem Eintritts- bis zu einem Austrittsquerschnitt durchströmbaren, eine Innen- und eine Außenseite aufweisenden Strömungskanal, welcher auf der Innenseite Strukturelemente zur Erhöhung des Wärmeüberganges aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturelemente (7, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 31) in Strömungsrichtung (P) variabel angeordnet und/oder ausgebildet sind, derart, dass der Strömungskanal (6, 8, 10, 12, 14, 30) auf der Innenseite einen variablen, insbesondere einen in Strömungsrichtung (P) zunehmenden Wärmeübergang aufweist.
2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichte der Strukturelemente (11; 15, 16; 19; 31) variabel, insbesondere in Strömungsrichtung (P) zunehmend ist.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturelemente (9, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 31) einen Strömungswiderstand gegenüber dem Strömungsmedium aufweisen und derart angeordnet und/oder ausgebildet sind, dass der Druckabfall im Strömungskanal (8, 10, 12, 14) variabel, insbesondere im Eintrittsbereich (6a, 8a, 10a, 12a, 14a, 30a) minimal ist.
4. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal (6, 8, 10, 12, 14, 30), ausgehend vom Eintrittsquerschnitt, einen glattwandigen Abschnitt (6a, 8a, 10a, 12a, 14a, 30a) ohne Strukturelemente aufweist.

5. Wärmeübertrager nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der glattwandige Abschnitt (6a, 8a, 10a, 12a, 14a, 30a) in Strömungsrichtung (P) eine Länge L aufweist, wobei  $L \leq 100$  mm ist. 5
6. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturelemente als Wirbelerzeuger, so genannte Winglets (7, 9, 11, 13, 31) ausgebildet sind. 10
7. Wärmeübertrager nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winglets (11, 31) in Reihen angeordnet sind und mit der Strömungsrichtung (P) einen Winkel  $\beta$  bilden, wobei der Winkel  $\beta$  für benachbarte Winglets gleiches oder entgegengesetztes Vorzeichen aufweist. 15
8. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturelemente als Innenberippung, Innenrippen (15, 16, 20), Stegrippen (17, 18, 19) und/oder Turbulenzeinlagen ausgebildet und insbesondere in die Strömungskanäle eingelötet sind. 20
9. Wärmeübertrager nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winglets (13, 31) mit der Strömungsrichtung (P) einen Winkel  $\beta$  bilden, welcher variabel, insbesondere in Strömungsrichtung (P) zunehmend ist. 25
10. Wärmeübertrager nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel  $\beta$  einen Bereich von  $20^\circ < \beta < 50^\circ$  aufweist. 30
11. Wärmeübertrager nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winglets (9) eine in die Strömung hineinragende Höhe (h) aufweisen, welche variabel, insbesondere in Strömungsrichtung (P) zunehmend ist. 35
12. Wärmeübertrager nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal (8) eine Höhe H und das Verhältnis von  $h/H$  einen Bereich von  $0,05 \leq h/H \leq 0,4$  aufweist. 40
13. Wärmeübertrager nach Anspruch 5, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Winglets (11, 31) in Reihen quer zur Strömungsrichtung (P) angeordnet sind und dass die Reihen einen in Strömungsrichtung variablen, insbesondere abnehmenden Abstand ( $a_1, a_2, a_3 \dots a_x$ ) aufweisen. 45
14. Wärmeübertrager nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Abstand  $a_x$  einen Bereich von  $5 < a_x < 50$  mm, insbesondere einen Bereich von  $8 < a_x < 30$  mm aufweist. 50
15. Wärmeübertrager nach Anspruch 13, **dadurch ge-** 55

**kennzeichnet, dass** der Abstand ( $a_1, a_2, a_3 \dots$ ) der Reihen ein (ganzzahliges) Vielfaches des kleinsten Abstandes  $a_x$  ist.

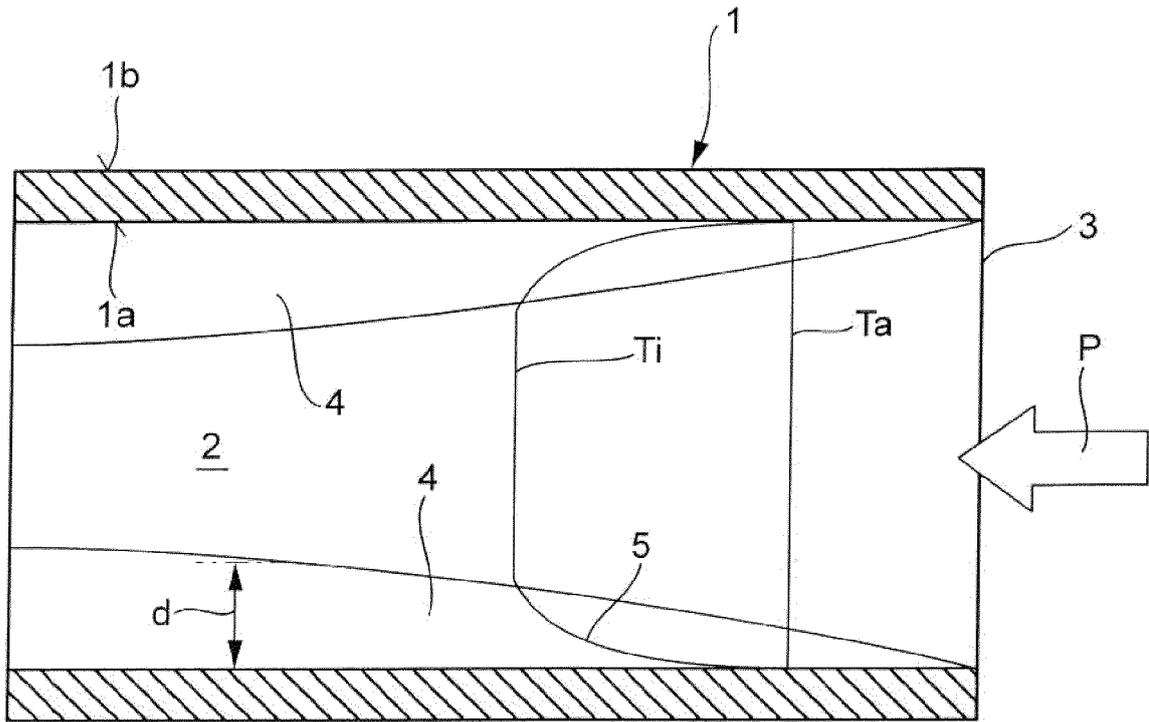


Fig. 1

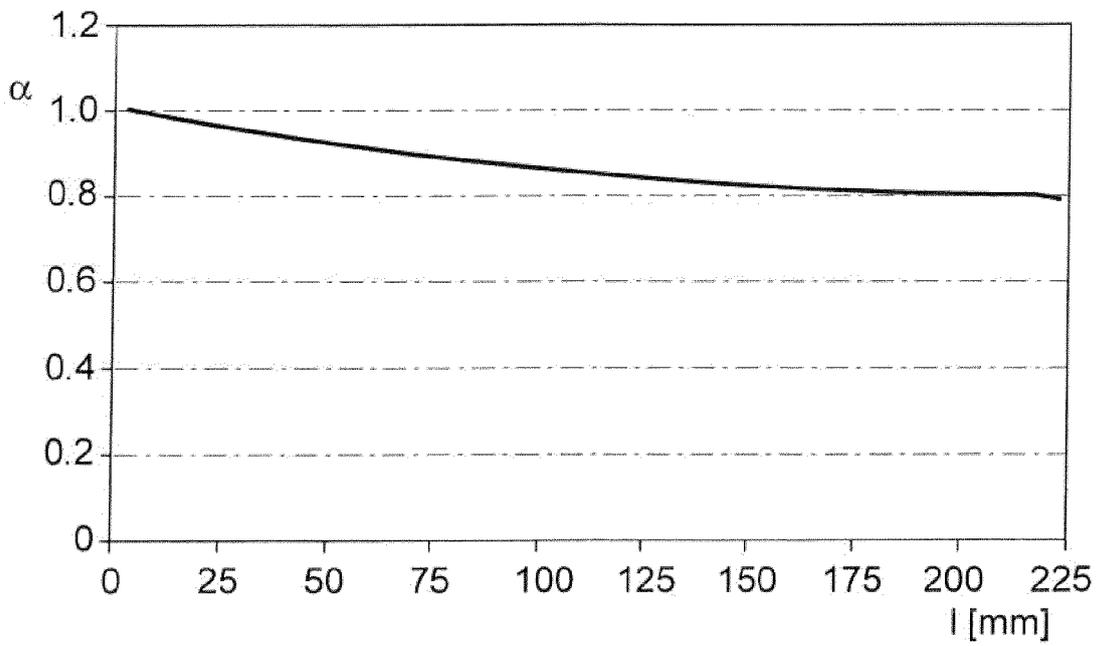
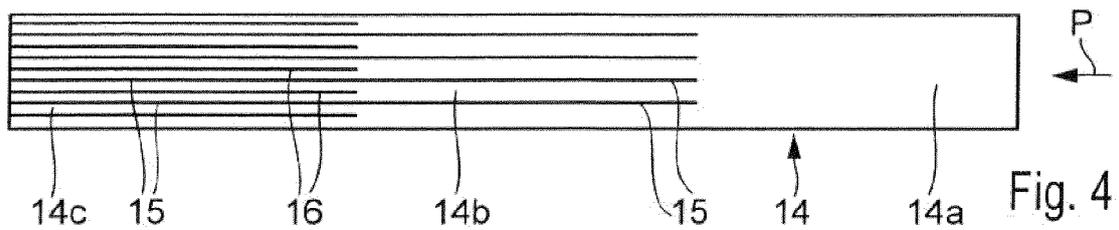
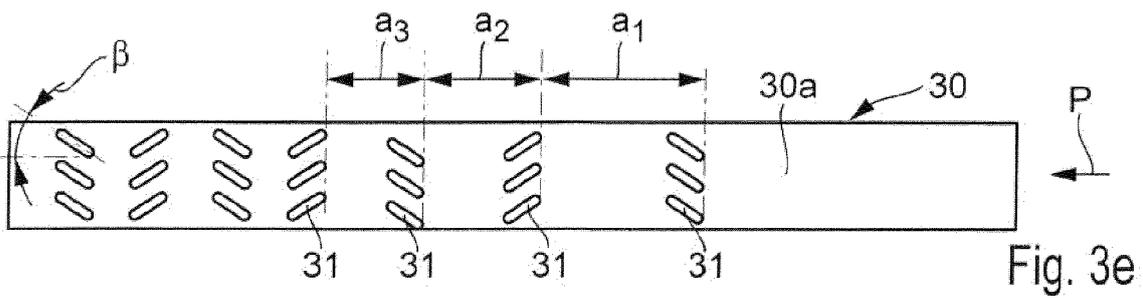
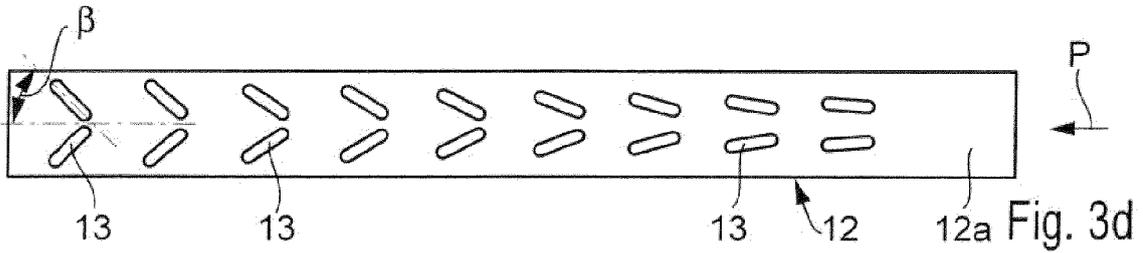
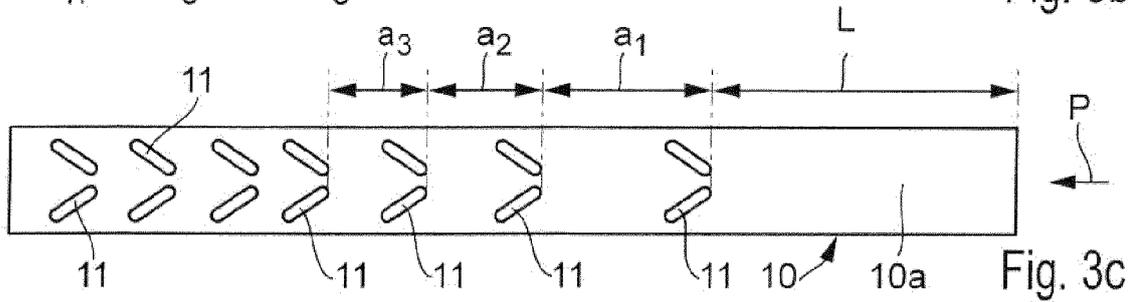
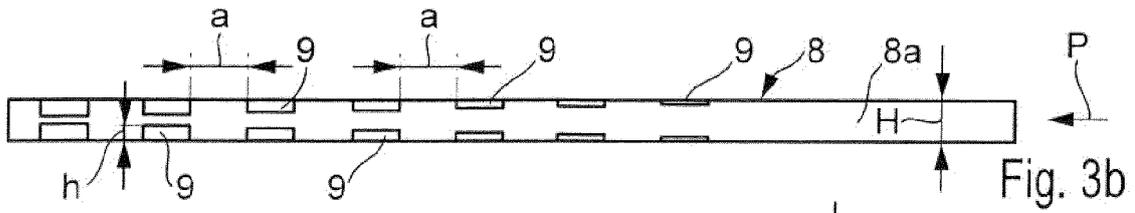
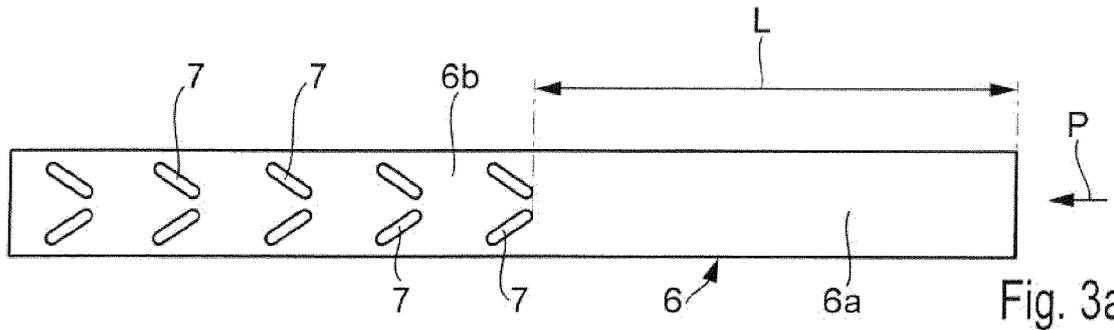


Fig. 2



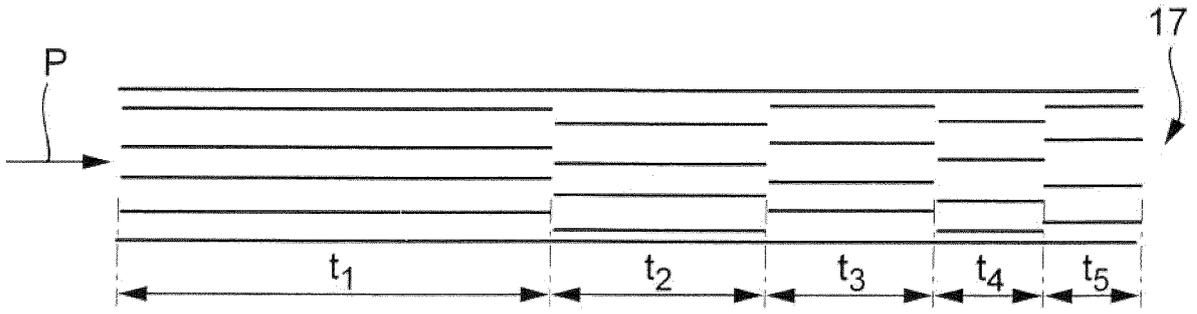


Fig. 5

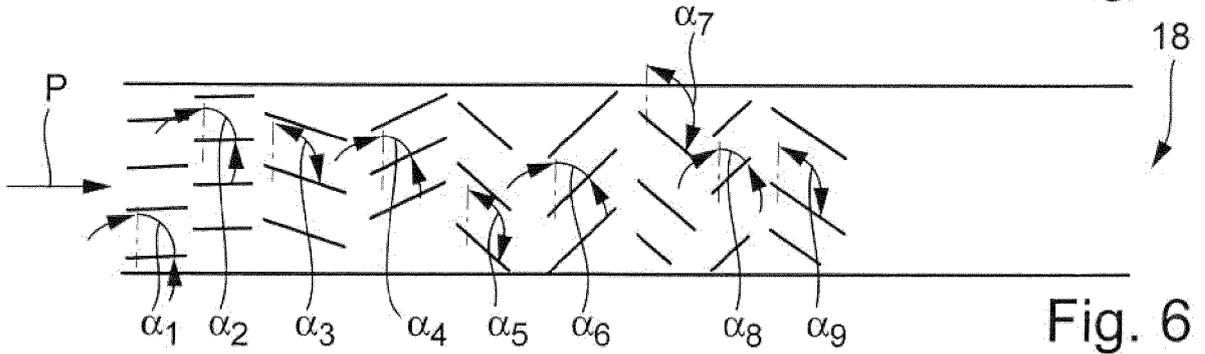


Fig. 6

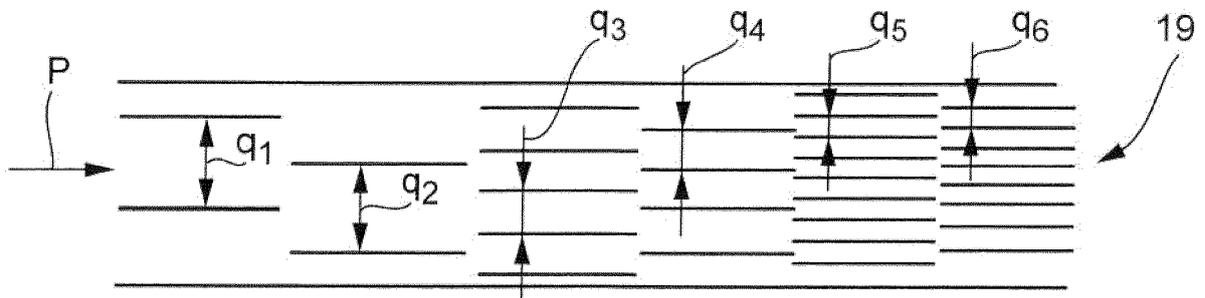


Fig. 7

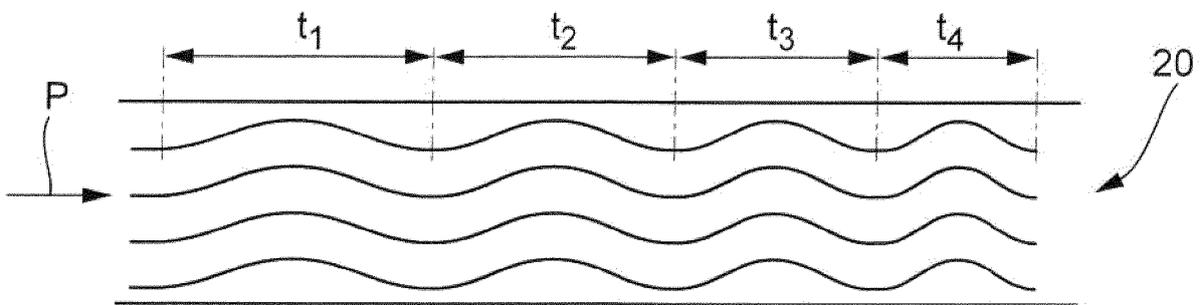


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 20 2230

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
X	DE 19 31 148 A1 (OTTE & CO KG LAURENZ) 7. Januar 1971 (1971-01-07) * Seite 8, Zeile 11 - Zeile 10 * -----	1-15	INV. F28F1/40 F28F3/02 F28F13/12	
X	US 5 901 641 A (MCNAMARA ALBERT CHARLES [US]) 11. Mai 1999 (1999-05-11) * Abbildung 9 * -----	1-15		
X	US 5 655 599 A (KASPRZYK MARTIN R [US]) 12. August 1997 (1997-08-12) * Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 7 * -----	1-5,8		
X	EP 0 767 000 A1 (PACKINOX SA [FR]; UOP INC [US]) 9. April 1997 (1997-04-09) * Seite 5, Zeile 30 - Zeile 50 * -----	1-5,8		
X	US 6 484 795 B1 (KASPRZYK MARTIN R [US]) 26. November 2002 (2002-11-26) * Abbildung 2 * -----	1-3		
X	FR 1 095 966 A (PIERO CROSTI) 8. Juni 1955 (1955-06-08) * Abbildung 2 * -----	1-3,8		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	US 4 314 587 A (HACKETT CHARLES D) 9. Februar 1982 (1982-02-09) * Spalte 9, Zeile 22 - Zeile 40 * -----	1-3		F28F
X	JP 60 185094 A (FUJII SATORU) 20. September 1985 (1985-09-20) * Abbildung 8 * -----	1-3		
A	US 4 945 981 A (JOSHI SHRIKANT M [US]) 7. August 1990 (1990-08-07) * das ganze Dokument *	1-15		
A	DE 195 11 665 A1 (ABB MANAGEMENT AG [CH]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) * das ganze Dokument * -----	1-15		

1

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

50

Recherchenort <b>München</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>14. Juni 2016</b>	Prüfer <b>Bain, David</b>
---------------------------------	---	------------------------------

55

<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet                  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie                  A : technologischer Hintergrund                  O : nichtschriftliche Offenbarung                  P : Zwischenliteratur</p>	<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze                  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist                  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument                  L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument                  .....                  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>
--	---

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 20 2230

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-06-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1931148 A1	07-01-1971	AT 296551 B	25-02-1972
		CH 507482 A	15-05-1971
		DE 1931148 A1	07-01-1971
-----			
US 5901641 A	11-05-1999	BR 9904987 A	29-08-2000
		CN 1253274 A	17-05-2000
		EP 0998870 A2	10-05-2000
		JP 4559569 B2	06-10-2010
		JP 2000266488 A	29-09-2000
		KR 20000035144 A	26-06-2000
		MY 131085 A	31-07-2007
		TW 450795 B	21-08-2001
		US RE39309 E1	03-10-2006
		US 5901641 A	11-05-1999
		WO 0025646 A1	11-05-2000
-----			
US 5655599 A	12-08-1997	KEINE	
-----			
EP 0767000 A1	09-04-1997	AT 171649 T	15-10-1998
		AT 206069 T	15-10-2001
		AT 206635 T	15-10-2001
		CA 2166564 A1	19-01-1995
		CN 1128506 A	07-08-1996
		CN 1275432 A	06-12-2000
		DE 69413691 D1	05-11-1998
		DE 69413691 T2	08-04-1999
		DE 69428459 D1	31-10-2001
		DE 69428608 D1	15-11-2001
		EP 0707517 A1	24-04-1996
		EP 0766999 A1	09-04-1997
		EP 0767000 A1	09-04-1997
		ES 2123150 T3	01-01-1999
		JP H09508565 A	02-09-1997
		RU 2136358 C1	10-09-1999
WO 9501834 A1	19-01-1995		
-----			
US 6484795 B1	26-11-2002	CA 2384375 A1	15-03-2001
		US 6484795 B1	26-11-2002
		WO 0118476 A1	15-03-2001
-----			
FR 1095966 A	08-06-1955	KEINE	
-----			
US 4314587 A	09-02-1982	ES 8105456 A1	16-08-1981
		IN 154145 B	22-09-1984
		JP S5646186 A	27-04-1981
		US 4314587 A	09-02-1982

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 20 2230

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-06-2016

10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 60185094	A	20-09-1985	-----
US 4945981	A	07-08-1990	KEINE
DE 19511665	A1	02-10-1996	KEINE
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0677715 A1 [0001] [0002]
- DE 19540683 A1 [0003]
- DE 19654367 A1 [0003]
- DE 19654368 A1 [0003]
- EP 1061319 A1 [0004]
- DE 10127084 A1 [0004]