



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**03.01.2007 Patentblatt 2007/01**

(51) Int Cl.:  
**F28F 3/02 (2006.01) F28F 1/32 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06011707.4**

(22) Anmeldetag: **07.06.2006**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(72) Erfinder:  
• **Leuschner, Jörg, Dr.**  
**34396 Liebenau (DE)**  
• **Kozica, Michael**  
**34376 Immenhausen (DE)**

(30) Priorität: **23.06.2005 DE 202005009948 U**

(74) Vertreter: **Freiherr von Schorlemer, Reinfried**  
**Karthäuser Strasse 5A**  
**34117 Kassel (DE)**

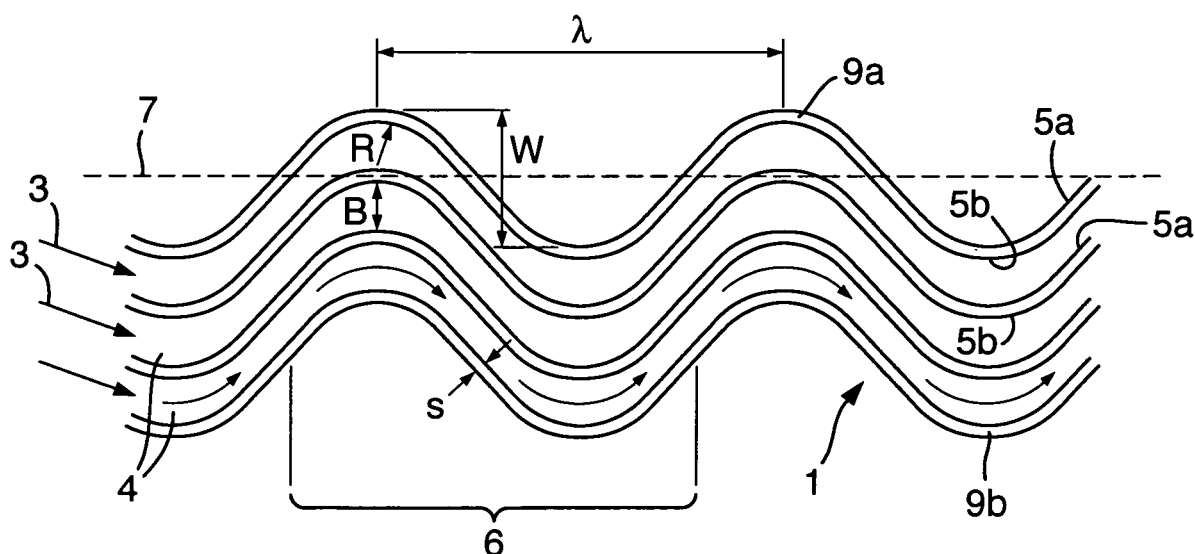
(71) Anmelder: **Autokühler GmbH & Co. KG**  
**34369 Hofgeismar (DE)**

(54) **Wärmeaustauschelement und damit hergestellter Wärmeaustauscher**

(57) Die Erfindung betrifft ein Wärmeaustauschelement mit nebeneinander liegenden, wärmeübertragenden, glatten Wänden (1), die zwischen sich Strömungskanäle (4) mit vorgewählten Kanalbreiten (B) für wenigstens ein Fluid begrenzen und mit beidseitig und quer zu gedachten Mittelebenen (7) abstehende Wellen (6) ver-

sehen sind, die vorgewählte Wellenlängen ( $\lambda$ ) und Scheitel (9a, 9b) mit Krümmungsradien (R) sowie quer zu den Mittelebenen (7) gemessenen Scheitelabständen (W) aufweisen. Erfindungsgemäß gelten für Verhältnisse Kanalbreite (B)/Scheitelabstand (W) und Kanalbreite (B)/Krümmungsradius (R) zumindest teilweise Ungleichungen  $0,1 \leq B/W \leq 0,55$  und  $R \geq 1,2 B$  (Fig. 2).

**Fig.2.**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Wärmeaustauschelement der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung sowie einen damit hergestellten Wärmeaustauscher.

**[0002]** Wärmeaustauschelemente mit nebeneinander liegenden, glatten Wänden, die zwischen sich Strömungskanäle bilden, sind je nach Anwendungszweck Bestandteile von Rohr-, Platten- oder Rippenwärmeaustauschern und/oder als Leitblechanordnungen oder Lamellen (Wellrippen) ausgebildet. Sie werden z. B. in Kraftfahrzeugen, Kompressoren, Wäschetrocknern, Klima- und Kälteanlagen oder Kältetrocknern für Druckluftanlagen angewendet sowie zur Kühlung von elektronischen Bauteilen und in zahlreichen Maschinen wie z. B. Bau-, Landwirtschafts- und Forstmaschinen benutzt. Die Strömungskanäle derartiger Wärmeaustauschelemente werden in der Regel von glatten, ebenen Wänden begrenzt, die je nach Anwendungszweck von einem Fluid wie z. B. Luft, Wasser oder Öl durchströmt werden und dazu dienen, Wärme auf das jeweilige Fluid zu übertragen bzw. von diesem aufzunehmen. Dabei bilden sich in den Strömungskanälen laminare oder turbulente Strömungen aus, die in den an die Wände grenzenden Zonen zu charakteristischen Grenzschichten führen, in denen sich die durchströmenden Fluide im Idealfall einer laminaren Strömung weitgehend im Stillstand befinden. In mittleren Kernzonen werden die Fluide dagegen jeweils mit der größten Geschwindigkeit durch den Strömungskanal fortbewegt.

**[0003]** Die Ausbildung der Grenzschichten hat zur Folge, dass die vorhandenen Wandoberflächen nur unvollständig für den Wärmeübergang nutzbar und die erzielbaren Wärmeaustauschleistungen gering sind. Es ist daher bereits seit langer Zeit bekannt (DE-PS 596 871), die Wände der Strömungskanäle mit aus der Wandoberfläche heraustretenden, Wirbel erzeugenden Ausprägungen zu versehen, die parallel oder unter spitzen Winkeln zur Strömungsachse stehen. Dadurch werden die den Wänden nahen Teile der Fluidströme unter Bildung örtlicher Wirbel wiederholt aufgeteilt und die sich sonst bildenden Grenzschichten aufgerissen und zerstört. Als Folge davon tritt eine merkliche Verbesserung der Wärmeaustauschleistung ein.

**[0004]** Die beschriebenen, Wirbel bildenden Ausprägungen können allerdings zu zwei Nachteilen führen. Zum einen können sie die den Wänden nahen Teile der Strömung nicht nur in Richtung der Kernzonen umlenken und dadurch die Wärmeaustauschleistung vergrößern, sondern auch die Strömungsquerschnitte reduzieren und dadurch zu einer unerwünschten Erhöhung der längs der Strömungskanäle auftretenden Druckverluste führen. Dadurch werden die die Strömungskanäle durchsetzenden Volumenströme bei natürlicher Konvektion entsprechend reduziert, während bei erzwungener Konvektion leistungsstärkere Lüfter, Pumpen od. dgl. benötigt werden, um einen vorgewählten Volumenstrom auf-

recht zu erhalten. Zum anderen können Ausprägungen der beschriebenen Art aufgrund ihrer Querschnittsformen zur Verschmutzung neigen, insbesondere wenn sie z. B. in Kühlem für Land-, Forst- und Baumaschinen oder Fahrzeuge oder in Haushalts-Wäschetrocknern eingesetzt werden und das Fluid die Prozessluft und/oder die Kühlluft ist.

**[0005]** Es sind daher auch bereits Wärmeaustauschelemente der eingangs bezeichneten Gattung bekannt geworden (z. B. US-PS 3 907 032), bei denen die die Strömungskanäle begrenzenden Wände mit quer zur Strömungsrichtung erstreckte Wellen versehen oder durchgehend wellenförmig ausgebildet sind. Auch mit solchen Wärmeaustauschelementen lassen sich bisher keine optimalen Ergebnisse erzielen, da entweder ein ungünstiges Leistung/Druckverlust-Verhältnis oder bei dem Versuch, dieses zu optimieren, eine erhöhte Verschmutzungsneigung erhalten wird. Dies gilt selbst dann, wenn den Wellen bestimmte Abmessungen oder vergleichsweise komplizierte Formen gegeben werden (z. B. DE 195 03 766 A1, EP 1 357 345 A2). Ebenfalls bekannte Wärmeaustauschelemente, bei denen benachbarte Wände mit unterschiedlich strukturierten Wellungen versehen sind (z. B. DE 102 18 274 A1), haben dagegen vor allem den Nachteil, dass ihre Strömungskanäle vergleichsweise stark schwankende Querschnitte aufweisen, was für eine Verkleinerung der Druckverluste nicht dienlich ist.

**[0006]** Ausgehend davon besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, das Wärmeaustauschelement der eingangs bezeichneten Gattung so auszubilden, dass eine Steigerung des Verhältnisses Wärmeaustauschleistung zu Druckverlust bei gleichzeitiger Reduzierung der Verschmutzungsneigung erreicht wird, insbesondere wenn es sich um den Wärmeaustausch mit gasförmigen Fluiden handelt.

**[0007]** Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 22.

**[0008]** Durch die Erfindung werden insbesondere in Verbindung mit gasförmigen Fluiden wie z. B. Luft erhöhte Wärmeaustauschleistungen erzielt, ohne dass entsprechend erhöhte Druckverluste in Kauf genommen werden müssen. Außerdem sind die Wellen so gestaltet, dass die Verschmutzungsneigung gering ist. Die erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelemente und damit ausgerüstete Wärmeaustauscher eignen sich daher besonders gut für Anwendungen in Kühlern für Land-, Forst- und Baumaschinen sowie in Wäschetrocknern, Ladeluftkühlern von Fahrzeugen oder Einrichtungen zur Kühlung von Elektronikbauteilen.

**[0009]** Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0010]** Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen, gewellte Wände aufweisenden

Wärmeaustauschelements in Form einer Lamelle (Wellrippe);

Fig. 2 eine vergrößerte Draufsicht auf eine Mehrzahl von benachbarten, erfindungsgemäß ausgebildeten Wänden des Wärmeaustauschelements nach Fig. 1;

Fig. 3 eine der Fig. 2 entsprechende Draufsicht auf eine einzelne Wand des Wärmeaustauschelements nach Fig. 1;

Fig. 4 bis 6 der Fig. 3 entsprechende Draufsichten auf drei weitere Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Wände für ein Wärmeaustauschelement;

Fig. 7 eine der Fig. 2 entsprechende Draufsicht auf vier Wärmeaustauschelemente mit unterschiedlichen Gesamtlängen;

Fig. 8 eine der Fig. 3 entsprechende Draufsicht auf eine einzelne Wand eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelements;

Fig. 9 und 10 perspektivische Ansichten eines Flachrohr-Wärmeaustauschers und eines Wärmeaustauschers in Plattenbauweise, die beide mit erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelementen versehen sind; und

Fig. 11 eine perspektivische Darstellung eines mit einem erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelement versehenen Rippenkühlkörpers.

**[0011]** Fig. 1 bis 3 zeigen ein erfindungsgemäßes Wärmeaustauschelement anhand eines derzeit für am besten gehaltenen Ausführungsbeispiels. Das Wärmeaustauschelement enthält eine Mehrzahl von nebeneinander liegenden, wärmeübertragenden und vorzugsweise parallel zueinander angeordneten Wänden 1. Die Wände 1 sind durch dünne, eine Höhe D (Fig. 1) und eine Dicke S (Fig. 2) aufweisende Platten gebildet und an ihren in Fig. 1 oberen und unteren Längsrändern durch obere und untere, ebenfalls plattenförmige Verbindungsabschnitte 2a, 2b mäanderförmig miteinander verbunden. Dadurch entsteht in einer durch Pfeile 3 angedeuteten Längsrichtung des Wärmeaustauschelements eine Mehrzahl von nebeneinander liegenden, U-förmige Querschnitte aufweisenden Strömungskanälen 4 für ein Fluid, wobei diese Strömungskanäle 4 jeweils durch zwei nebeneinander liegende Wände 1 und außerdem in Fig. 1 abwechselnd durch einen oberen bzw. unteren Verbindungsabschnitt 2a, 2b begrenzt sind.

**[0012]** An ihren in Längsrichtung vorderen und hinteren Enden sind die Strömungskanäle 4 offen. Die in Fig. 1 quer zur Längsrichtung nach oben oder unten offenen Bereiche der Strömungskanäle 4 sind dagegen bei der Anwendung des Wärmeaustauschelements nach Fig. 1

in der Regel durch ein nicht gezeigtes Funktionsteil eines Wärmeaustauschers od. dgl. verschlossen. Die Strömungskanäle 4 dienen dem Zweck, in Richtung der Pfeile 3 oder in entgegengesetzter Richtung von einem Fluid (z. B. Luft, Wasser, Öl od. dgl.) durchströmt zu werden, das dabei mit den Wänden 1 und den Verbindungsabschnitten 2a, 2b in wärmeaustauschende Berührung kommt und daher je nach Fall abgekühlt oder erwärmt wird.

**[0013]** Die Wände 1 bestehen aus bei Wärmeaustauschern üblichen Materialien (z. B. einem Metall wie Aluminium oder Kupfer, Graphit, einem Kunststoff od. dgl.). Sie sind außerdem vorzugsweise glatt, d. h. an ihren den Strömungskanälen 4 zugewandten, zwischen den Ober- und Unterkanten angeordneten Breitseiten 5a, 5b weder mit Noppen, Schuppen oder sonstigen Ausprägungen noch mit Öffnungen in Form von Schnitten, Durchbrechungen od. dgl. versehen. Dadurch werden störende Schmutzwinkel od. dgl. in den Strömungskanälen 4 weitgehend oder vollständig vermieden.

**[0014]** Fig. 2 zeigt vier nebeneinander liegende Wände 1 in der Draufsicht, wobei zur Vermeidung von Unklarheiten die hier nicht wesentlichen Verbindungsabschnitte 2a, 2b (Fig. 1) weggelassen sind. Im Ausführungsbeispiel ist angenommen, dass alle Wände 1 im wesentlichen identisch ausgebildet sind und mit ihren Breitseiten 5a und 5b unter Bildung der Strömungskanäle 4 paarweise einander gegenüberstehen.

**[0015]** Um die durch langsam oder gar nicht bewegte Grenzschichten reduzierte Wärmeübertragung zwischen den Wänden 1 und dem Fluid zu verbessern, werden die Wände 1 in an sich bekannter Weise mit Wellungen bzw. sinuskurvenartigen Wellen 6 versehen, wobei diese Wellen 6 durch Verformung der die Wände 1 bildenden Platten um Linien erhalten werden, die sich gemäß Fig. 1 in Richtung ihrer Höhe D und im wesentlichen parallel zu den Breitseiten 5a, 5b der Wände 1 erstrecken. Außerdem zeigt insbesondere Fig. 3, dass sich die Wellen 6 abwechselnd auf der einen bzw. anderen Seite einer gedachten, durch eine gestrichelte Linie angedeuteten Mittelebene 7 erstrecken, die der Mittelebene der ursprünglichen, unverformten, planparallelen Platte entspricht. Dadurch enthalten die Wellen 6 jeweils eine erste, in der Strömungsrichtung 3 vorlaufende Halbwelle 6a (Fig. 3) und eine zweite, in Strömungsrichtung 3 nachlaufende Halbwelle 6b, wobei jeweils die erste Halbwelle 6a auf der einen Seite und die zweite Halbwelle 6b auf der anderen Seite der Mittelebene 7 angeordnet ist und wobei beide Halbwellen 6a, 6b längs einer in der Mittelebene 7 liegenden Verbindungslinie 8 aneinander grenzen bzw. miteinander verbunden sind. Dadurch bilden die Halbwellen 6a jeweils eine in einer Richtung aus der Mittelebene 7 der Wand 1 herausragende Ausprägung, während die Halbwellen 6b jeweils eine in der entgegengesetzten Richtung aus der Mittelebene 7 der Wand 1 herausragende Ausprägung darstellen. Diese Ausprägungen bzw. Halbwellen bilden durchgehend geschlossene Flächen ohne offene Schlitze oder andere

Unterbrechungen.

**[0016]** Im Ausführungsbeispiel sind die Wellen 6 bei allen Wänden 1 des Wärmeaustauschelements nach Fig. 1 in gleicher Weise ausgebildet sowie parallel und in Strömungsrichtung 3 ohne Versatz, d. h. mit einem konstanten lichten Abstand relativ zueinander angeordnet, so dass die Strömungskanäle 4 gemäß Fig. 2 im wesentlichen durchgehend dieselbe Kanalbreite entsprechend einem Maß B haben. Weiter ergibt sich aus Fig. 2 und 3, dass die Wellen 6 obere und untere Scheitel 9a und 9b aufweisen, die um in den Mittelebenen 7 liegende Linien gekrümmt sind. Die quer zu den Mittelebenen 7 gemessenen Scheitelabstände haben gemäß Fig. 2 und 3 ein Maß W, gemessen zwischen den Hoch- bzw. Tiefpunkten von gedachten Mittellinien der Wände 1. Außerdem weisen die Wellen 6 im Bereich der Scheitel 9a, 9b jeweils Krümmungsradien entsprechend einem Maß R in Fig. 2 und 3 auf.

**[0017]** Erfindungsgemäß ist das Wärmeaustauschelement so ausgebildet, dass einerseits durch Vergrößerung der wärmetauschenden Flächen pro Volumeneinheit eine Leistungssteigerung erzielt, andererseits durch große Kurvenradien innerhalb der Strömungskanäle 4 sowohl der Druckverlust als auch die Verschmutzungsneigung in Grenzen gehalten wird.

**[0018]** Zur Leistungssteigerung ist vorgesehen, die Kanalbreite B des erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelements entsprechend der Ungleichung  $B \leq 0,55 W$  deutlich kleiner als den Scheitelabstand W zu wählen. Als vorteilhaft hat sich ein Verhältnis B/W erwiesen, das der Ungleichung  $0,1 \leq B/W \leq 0,55$  genügt, wobei besonders bevorzugt die Ungleichung  $0,35 \leq B/W \leq 0,50$  eingehalten wird. Dadurch wird erreicht, dass die Fluidströmung, wie in Fig. 2 durch Pfeile angedeutet ist, im Bereich jeder Halbwelle 6a, 6b umgelenkt wird, anstatt ohne wesentliche Umlenkung und praktisch geradeaus durch die Strömungskanäle 4 geleitet zu werden, wie dies für herkömmliche Wärmeaustauschelemente gilt, bei denen die Kanalbreite B größer als der Scheitelabstand W oder allenfalls geringfügig kleiner als dieser ist. Das Maß  $B \leq 0,55 W$  hat zur Folge, dass sich die Wellen 6 entsprechend Fig. 2 quer zu den Mittelebenen 7 zu einem großen Teil überlappen, d. h. jede Halbwelle 6a, 6b tief in die darüber bzw. darunter befindliche Halbwelle 6a, 6b der benachbarten Wand 1 hineinragt, und zwar um etwas mehr, als der Lage der betreffenden Mittelebene 7 entspricht. Die dadurch ermöglichte dichtere Packung bzw. kleinere Teilung T (Fig. 1) der Wände 1 führt zu einer erheblichen Leistungssteigerung des Wärmeaustauschelements pro Volumeneinheit.

**[0019]** Um trotz der Wellen 6 und der Bedingung  $B \leq 0,55 W$  allenfalls Druckverluste zu erhalten, die im Vergleich mit ebenen Wänden prozentual kleiner als die durch die Wellen 6 erhaltenen Leistungssteigerungen sind, wird vorgeschlagen, die Krümmungsradien R im Bereich der Scheitel 9a, 9b vergleichsweise groß zu wählen. Erfindungsgemäß haben sich Werte R als günstig erwiesen, für die die Ungleichung  $R \geq 1,3 B$  gilt. Beson-

ders vorteilhaft ist es, wenn das Verhältnis B/R der Ungleichung  $0 \leq B/R \leq 0,75$  und noch bevorzugter der Ungleichung  $0,2 \leq B/R \leq 0,55$  genügt. Dadurch wird der Vorteil erzielt, dass die Umlenkungen des Fluids in den Strömungskanälen 4 zwar deutlich, aber im Vergleich zu Ausgestaltungen, bei denen die Krümmungsradien maximal 3 mm betragen oder noch wesentlich kleiner sind, vergleichsweise sanft erfolgt, was wesentlich kleinere Druckverluste zur Folge hat.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Ausbildung der Wellen 6 und der Kanalbreiten B ermöglicht außerdem die Anwendung größerer Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  (Fig. 3) für die von den Mittelebenen 7 ausgehenden, ansteigenden bzw. in die Mittelebene 7 mündenden, abfallenden Abschnitte der Wellen 6. Hierdurch wird der Vorteil erzielt, dass bei gleichen Kanalbreiten B und Wellenlängen  $\lambda$  größere Überlappungen der Wellen 6 bzw. Halbwellen 6a, 6b möglich sind und damit die wärmetauschenden Flächen vergrößert werden können. Allerdings sollten die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  vorzugsweise nicht größer als  $40^\circ$  sein.

**[0021]** Im übrigen werden die Wärmeaustauschelemente vorzugsweise mit Maßen  $\lambda \geq 15 \text{ mm}$  oder  $\geq 4 W$ , vorzugsweise z. B.  $18 \text{ mm}$ ,  $2,4 \text{ mm} \leq R \leq 6,5 \text{ mm}$ ,  $\alpha = \beta = \text{ca. } 30^\circ$ ,  $0,08 \text{ mm} \leq S \leq 5 \text{ mm}$  und  $B < 2 \text{ mm}$  versehen, wobei diese Maße natürlich nur Beispiele darstellen, von denen im Einzelfall je nach Bedarf abgewichen werden kann.

**[0022]** Schließlich zeigt vor allem Fig. 3, dass die ansteigenden und abfallenden Abschnitte der Halbwellen 6a, 6b vorzugsweise gerade bzw. eben sind und im Bereich der Scheitel 9a, 9b durch gekrümmte Abschnitte mit den Radien R verbunden werden. Dadurch ergibt sich für die Wände 1 ein dreieckförmiges Aussehen, wobei lediglich die Scheitel 9a, 9b konvex, d. h. zu den Mittelebenen 7 hin abgerundet sind.

**[0023]** Fig. 4 zeigt eine im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 entsprechende Wand 11. Ein Unterschied besteht nur darin, dass die gekrümmten, in den Scheiteln liegenden Abschnitte unterschiedliche Krümmungsradien R1 bis R4 aufweisen. Dabei liegen vorzugsweise alle Radien R1 bis R4 innerhalb der oben angegebenen Bereiche.

**[0024]** Fig. 5 zeigt eine Wand 12 eines erfindungsgemäßen Wärmeaustauschelements, die ausschließlich gerade und ebene Abschnitte aufweist. Insbesondere weist eine erste Halbwelle 14a einer Welle 14 einen mit dem Winkel  $\alpha$  gerade ansteigenden, ebenen Abschnitt 15, einen mit dem Winkel  $\beta$  gerade abfallenden, ebenen Abschnitt 16 und einen beide verbindenden, im Bereich des Scheitels angeordneten, ebenen Abschnitt 17 auf, der vorzugsweise parallel zur Mittelebene 7 angeordnet ist. In diesem Fall gilt für den Krümmungsradius  $R = \infty$ . Hinsichtlich der Bemessung des Abschnitts 17 ist dabei jedoch zu beachten, dass er eine Länge (z. B.  $L_1$ ) aufweist, die so groß ist, dass die beiden betreffenden Enden der Abschnitte 15, 16 wahlweise auch durch einen gedachten, gestrichelt angedeuteten, gekrümmten Abschnitt 18 verbunden werden könnten, dessen Krüm-

mungsradius in den oben angegebenen Bereichen liegt. Auch dadurch lassen sich vergleichsweise lange Abschnitte 15 und 16 realisieren, wie es für eine gute Überlappung der Halbwellen 14a, 14b erwünscht ist, ohne dass dadurch nicht tolerierbare Druckverluste auftreten. Die Längen der geraden Abschnitte 17 können sämtlich gleich lang oder, wie in Fig. 5 durch Maße  $L_1$  bis  $L_4$  angedeutet ist, unterschiedlich lang sein.

**[0025]** Nach einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist es möglich, die in Fig. 5 gestrichelt dargestellten, gekrümmten Abschnitte 18 durch eine Mehrzahl von kurzen Abschnitten zu ersetzen, die nach Art eines Polygonzugs an die gestrichelten Abschnitte 18 angenähert sind. Für die dadurch erhaltenen, gedachten Krümmungsradien ergeben sich dieselben Bemessungen wie in Fig. 3.

**[0026]** Fig. 6 zeigt schließlich ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Wand 20, die entsprechend der obigen Beschreibung ausgebildete Halbwellen 21a, 21b aufweist, die durch gerade, ebene und vorzugsweise in den Mittelebenen 7 liegende Abschnitte 22 miteinander verbunden sind, die gleich lang oder unterschiedlich lang sein können. Außerdem zeigt Fig. 6, dass die Halbwellen 21a, 21b mit Bezug auf die Mittelebenen 7 unterschiedliche Scheitelhöhen  $W_1$  und  $W_2$  aufweisen können, die sich zum Scheitelabstand  $W$  addieren. Entsprechend unterschiedliche Scheitelhöhen  $W_1$ ,  $W_2$  können auch bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 bis 5 vorgesehen sein, ohne dadurch von den angegebenen Bemessungen für den Scheitelabstand  $W$  abzuweichen.

**[0027]** Fig. 7 zeigt vier erfindungsgemäße Wärmeaustauschelemente 23 bis 26, die sich durch unterschiedliche, in Strömungsrichtung 3 gemessene Gesamtlängen auszeichnen, die durch eine unterschiedliche Anzahl von drei, vier, fünf bzw. sechs in Strömungsrichtung 3 hintereinander liegenden Wellen erhalten werden. Dabei ist ersichtlich, dass die Wellen unterschiedliche Formen und/oder Abmessungen aufweisen können.

**[0028]** Außerdem zeigt Fig. 7, dass die Strömungskanäle 4 vorzugsweise Ein- und/oder Auslassenden 27, 28 aufweisen, die parallel zu den hier nicht dargestellten Mittelebenen liegen, damit das Fluid auch beim Eintritt in das Wärmeaustauschelement 23 bis 27 oder beim Ausströmen aus diesem nicht in einer Druckverluste begünstigenden Weise umgelenkt wird.

**[0029]** Weiterhin kann es im Rahmen der Erfindung zweckmäßig sein, die Wellenlängen  $\lambda$  und/oder die Scheitelabstände  $W$  in Strömungsrichtung 3 allmählich größer oder - wie im Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 durch Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  und  $\lambda_3$  und die Scheitelabstände  $W_3$ ,  $W_4$  und  $W_5$  gezeigt ist - allmählich kleiner werden zu lassen. Dadurch ist es möglich, in Richtung der Strömung eine allmählich intensiver werdende Wirbelbildung und eine damit allmählich größer werdende Wärmeübertragungsleistung zu erzielen. Außerdem zeigt Fig. 8, dass die Halbwellen beidseitig ihrer Scheitel auch unsymmetrisch ausgebildet sein können.

**[0030]** Die beschriebenen Wärmeaustauschelemente

können in unterschiedlicher Weise angewendet werden. Beispielsweise zeigt Fig. 9 einen Flachrohr-Wärmeaustauscher mit Flachrohren 31, zwischen denen nach Fig. 1 bis 8 ausgebildete Wärmeaustauschelemente in Form von Lamellen 32 (Wellrippen) angeordnet sind. Die Lamellen 32 sind hier analog zu Fig. 1 mäanderförmig gefaltet und mit Seitenwänden 33 versehen, die durch im wesentlichen ebene, obere bzw. untere Verbindungsabschnitte 34a, 34b miteinander verbunden sind. Die Seitenwände 33 sind dabei erfindungsgemäß mit Wellen versehen, die analog zu Fig. 3 bis 8 ausgebildet sind. Die Seitenwände 33 begrenzen jeweils Strömungskanäle, durch die z. B. ein gasförmiges Kühlmedium strömt, um ein in den Flachrohren 31 strömendes, flüssiges Fluid zu kühlen. Die Strömungsrichtungen sind beispielhaft durch Pfeile 35, 36 angedeutet.

**[0031]** Fig. 10 zeigt einen Wärmeaustauscher in üblicher Plattenbauweise. Der Wärmeaustauscher enthält eine Vielzahl von parallel und in einem Stapel übereinander angeordneten, rechteckigen Platten 38, die an ihren Rändern abwechselnd durch parallel zu den langen Seiten erstreckte Profile 39 und parallel zu den kurzen Seiten erstreckte Profile 40 auf Abstand gehalten sind. Dadurch entstehen zwischen den Platten 38 und Profilen 39 bzw. 40 in Längsrichtung verlaufende Strömungskanäle 41 für ein erstes Fluid und quer dazu verlaufende Strömungskanäle 42 für ein zweites Fluid. In den Strömungskanälen 41 und/oder 42 sind außerdem schematisch angedeutete, hier zickzack- bzw. wellenförmig statt mäanderförmig ausgebildete Lamellen 43, 44 angeordnet, die der Verbesserung der Wärmeübertragung zwischen den beiden Fluiden dienen. Mit dem Bezugszeichen 45 ist außerdem einer der beiden üblichen Sammelkästen angedeutet, mittels derer das erste Fluid, z. B. eine Flüssigkeit, auf die Strömungskanäle 41 verteilt bzw. diesen entnommen wird. Die Platten 38, Profile 39 und 40, Lamellen 43 und 44 sowie die Sammelkästen 45 können in an sich bekannter Weise z. B. durch Kleben oder Löten miteinander verbunden sein. Die Lamellen 43 und/oder 44 weisen Seitenwände 46 auf, die entsprechend Fig. 1 bis 8 ausgebildet sind. Die Strömungsrichtungen für die Fluide sind beispielhaft durch Pfeile angedeutet.

**[0032]** Fig. 11 zeigt schließlich ein Wärmeaustauschelement mit mehreren, parallel nebeneinander angeordneten, wärmeübertragenden Wänden 48, die durch dünne, wellenförmig verformte Platten gebildet sind. Die Wände 48 sind mit unteren Schmalseiten durch Löten, Kleben oder sonstwie an einer die Wände 48 fest miteinander verbindenden Grundplatte 49 befestigt und besitzen, ausgehend von der Grundplatte 49, eine Höhe  $D$ . Je zwei paarweise einander gegenüber stehende Breitseiten 50 der Wände 48 begrenzen einen Strömungskanal 51 für ein Fluid. Die Grundplatte 49 liegt z. B. einem zu kühlenden Elektronikbauteil an, so dass das Wärmeaustauschelement einen Rippenkühlkörper bildet. Beim Ausführungsbeispiel werden die Strömungskanäle 51 in Richtung ihrer parallel zur Grundplatte 49 verlaufenden

Längsachse z. B. von Kühlluft durchströmt, wobei eine gewählte Strömungsrichtung beispielhaft durch einen Pfeil 52 angedeutet ist. Im übrigen gelten die allgemeinen Ausführungen zu Fig. 1 bis 10 entsprechend.

**[0033]** Die beschriebenen Ausführungsbeispiele bringen neben einer merklichen Leistungssteigerung eine allenfalls geringe prozentuale Zunahme der Druckverluste mit sich. Das ist eine Folge dessen, dass einerseits eine wesentlich größere, wärmetauschende Fläche vorhanden und der Strömungsweg für das Fluid entsprechend länger ist, während andererseits die Strömung den gerundeten Strömungskanälen leicht folgen kann. Daneben ergibt sich insbesondere der Vorteil, dass die Verschmutzungsneigung in den Strömungskanälen trotz der Wellen gering ist, weil die die Strömungskanäle begrenzenden Breitseiten durchgehend eben oder schwach gerundet und glatt sind und keine störenden Ecken und Winkel bilden. Das gilt selbst dann, wenn das Ausmaß der anhand der Fig. 2 beschriebenen Überlappung der Wellen 6 vergleichsweise groß ist, so dass die Wärmeaustauschelemente der beschriebenen Art vor allem für Anwendungen im Landwirtschafts-, Forst- und Baubereich gut geeignet sind. Außerdem bringen insbesondere diejenigen Wärmeaustauschelemente, deren Wände im wesentlichen aus ebenen Abschnitten bestehen, den Vorteil der einfachen Herstellbarkeit mit sich.

**[0034]** Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, die auf vielfache Weise abgewandelt werden können. Das gilt vor allem für die angegebenen Formen und/oder Größen der verschiedenen Wellen sowie für die Dichte von deren Anordnung. Die Wahl der verschiedenen Parameter ist weitgehend vom Einzelfall und der gewünschten Wärmeaustausch- bzw. Wärmeübertragungsleistung abhängig. Außerdem ist es möglich, die Wellen benachbarter Wände in Strömungsrichtung mit einem vorgewählten Versatz anzuordnen, falls dadurch die Druckverluste nicht unerwünscht vergrößert werden. Weiterhin können die in den Scheiteln der Wellen vorgesehenen, gekrümmten Abschnitte sowohl kreisförmig als auch elliptisch ausgebildet sein oder anderen Kurven folgen. Ferner ist klar, dass die Erfindung auch auf andere als die in den Zeichnungen dargestellten, z. B. als Leitbleche ausgebildete Wärmeaustauschelemente und mit diesen ausgerüstete Wärmeaustauscher angewendet werden kann. Abgesehen davon sollten die angegebenen Maße und/oder Ungleichungen in den Wärmeaustauschelementen und damit hergestellten Wärmeaustauschern zumindest teilweise, mit besonderem Vorteil jedoch durchgehend vorhanden sein, wobei allerdings Schwankungen dieser Maße und/oder Ungleichungen innerhalb eines und desselben Wärmeaustauschelements oder Wärmeaustauschers möglich sind. Schließlich versteht sich, dass die verschiedenen Merkmale auch in einer anderen als der beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten Weise miteinander kombiniert werden können.

## Patentansprüche

1. Wärmeaustauschelement mit nebeneinander liegenden, wärmeübertragenden, glatten Wänden (1, 11, 12, 20, 33, 46, 48), die zwischen sich Strömungskanäle (4, 41, 42, 51) mit vorgewählten Kanalbreiten (B) für wenigstens ein Fluid begrenzen und mit beidseitig und quer zu gedachten Mittelebenen (7) abstehenden Wellen (6, 14) versehen sind, die vorgewählte Wellenlängen ( $\lambda$ ) und Scheitel (9a, 9b) mit Krümmungsradien (R) sowie quer zu den Mittelebenen (7) gemessenen Scheitelabständen (W) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** für Verhältnisse Kanalbreite (B)/Scheitelabstand (W) und Kanalbreite (B)/Krümmungsradius (R) zumindest teilweise Ungleichungen  $0,1 \leq B/W \leq 0,55$  und  $R \geq 1,2$  B gelten.
2. Wärmeaustauschelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verhältnis Kanalbreite (B)/Krümmungsradius (R) die Ungleichung  $0 \leq B/R \leq 0,75$  gilt.
3. Wärmeaustauschelement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verhältnis Kanalbreite (B)/Krümmungsradius (R) die Ungleichung  $0,2 \leq B/R \leq 0,55$  gilt.
4. Wärmeaustauschelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verhältnis Kanalbreite (B)/Scheitelabstand (W) die Ungleichung  $0,35 \leq B/W \leq 0,50$  gilt.
5. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Wellenlänge ( $\lambda$ ) zumindest teilweise die Ungleichung  $16 \text{ mm} \leq \lambda \leq 30 \text{ mm}$  gilt.
6. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Krümmungsradien (R) zumindest teilweise die Ungleichung  $2,4 \text{ mm} \leq R \leq \infty$  gilt, wobei  $R = \infty$  einem im betreffenden Scheitel geraden, vorzugsweise parallel zur zugehörigen Mittelebene angeordneten Wandabschnitt (17) entspricht.
7. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen (6, 14) ebene, gerade ansteigende und abfallende Abschnitte (15, 16) und in den Scheiteln diese Abschnitte (15, 16) verbindende, durchgehend gekrümmte oder polygonzugartig nachgebildete Wandabschnitte aufweisen.
8. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen (14) ebene, gerade ansteigende und abfallende Abschnitte (15, 16) und in den Scheiteln diese

Abschnitte (15, 16) verbindende, ebene, gerade Wandabschnitte (17) aufweisen.

9. Wärmeaustauschelement nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in den Scheiteln vorgesehenen, ebenen Wandabschnitte (17) parallel zu den Mittelebenen (7) angeordnet sind. 5
10. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen je zwei, auf entgegengesetzten Seiten der Mittelebenen (7) angeordnete Halbwellen (6a, 6b; 14a, 14b; 21a, 21b) aufweisen. 10
11. Wärmeaustauschelement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbwellen (21a, 21b) durch im wesentlichen in den Mittelebenen (7) angeordnete, ebene Abschnitte (22) verbunden sind. 15
12. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Wellen (6, 14) identisch ausgebildet sind. 20
13. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungskanäle (4) im wesentlichen parallel zu den Mittelebenen (7) angeordnete Ein- und/oder Auslassenden (27, 28) für das Fluid aufweisen. 25
14. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen mit in Richtung der Strömungskanäle unterschiedlich großen Wellenlängen ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_3$ ) und/oder Scheitelabständen  $W_3$  bis  $W_5$  versehen sind. 30
15. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände (1, 11, 12, 20, 33, 46, 48) eine Dicke (S) von 0,08 mm bis 5 mm aufweisen. 35
16. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen (6, 14) mit Wellenlängen ( $\lambda$ ) versehen sind, die wenigstens dem Vierfachen des Scheitelabstands (W) entsprechen. 40
17. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellen (6, 14) benachbarter Wände (1, 11, 12, 20, 33, 46, 48) in Strömungsrichtung (3) relativ zueinander ohne Versatz angeordnet sind. 45
18. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Teil eines Rippenkühlkörpers ist. 50
19. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprü-

che 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Teil eines Flachrohr-Wärmeaustauschers ist.

20. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** es als Leitblech ausgebildet ist.
21. Wärmeaustauschelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** es als Lamelle (Wellrippe) (32, 43, 44) ausgebildet ist.
22. Wärmeaustauscher, **dadurch gekennzeichnet, dass** er wenigstens ein Wärmeaustauschelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21 aufweist.

Fig.1.

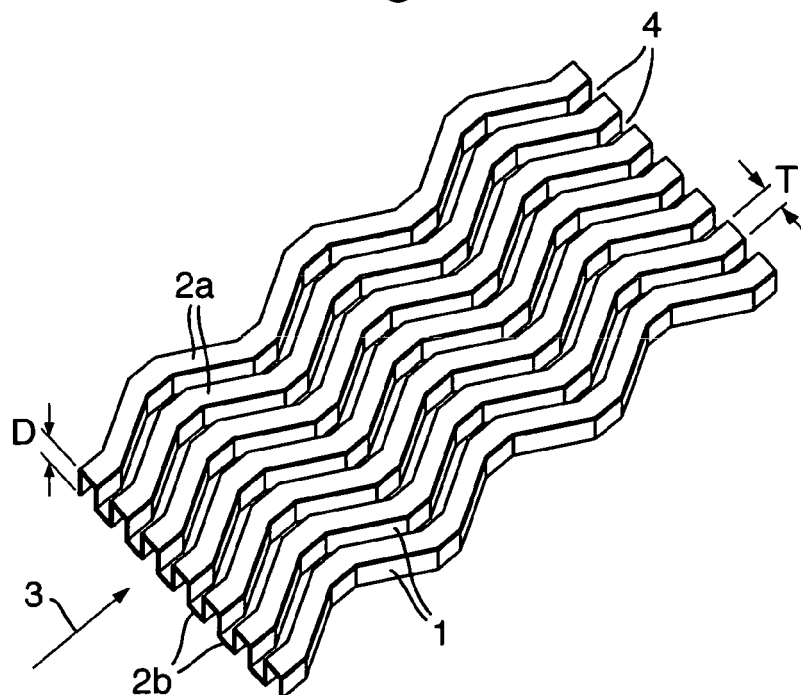


Fig.2.

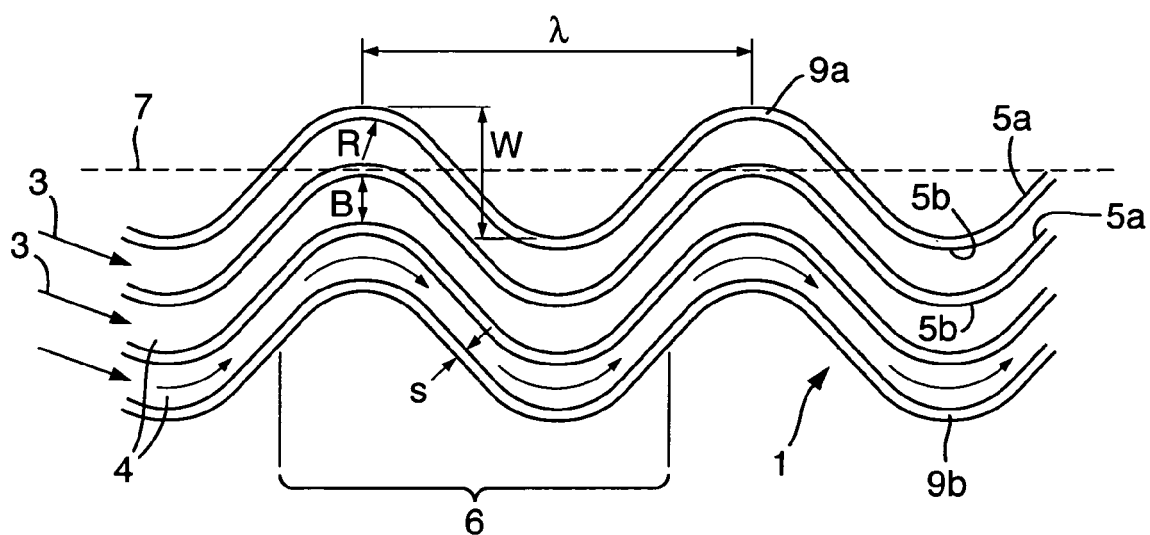


Fig.3.

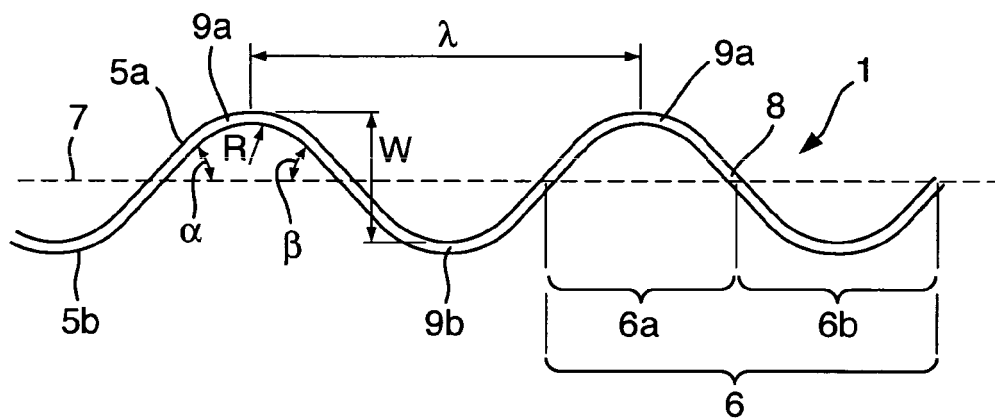


Fig.4.

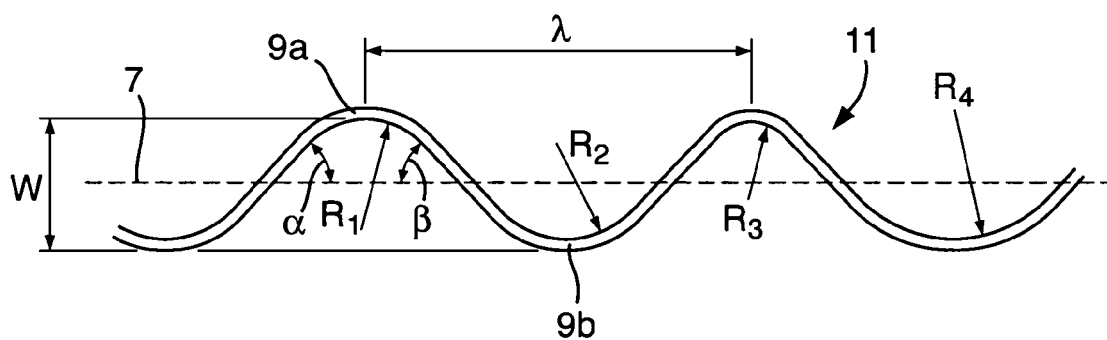


Fig.5.

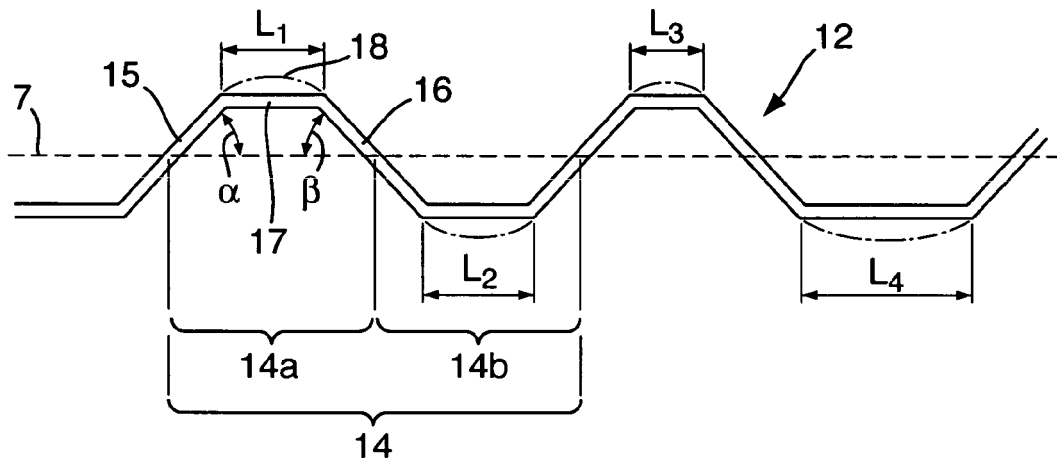


Fig.6.

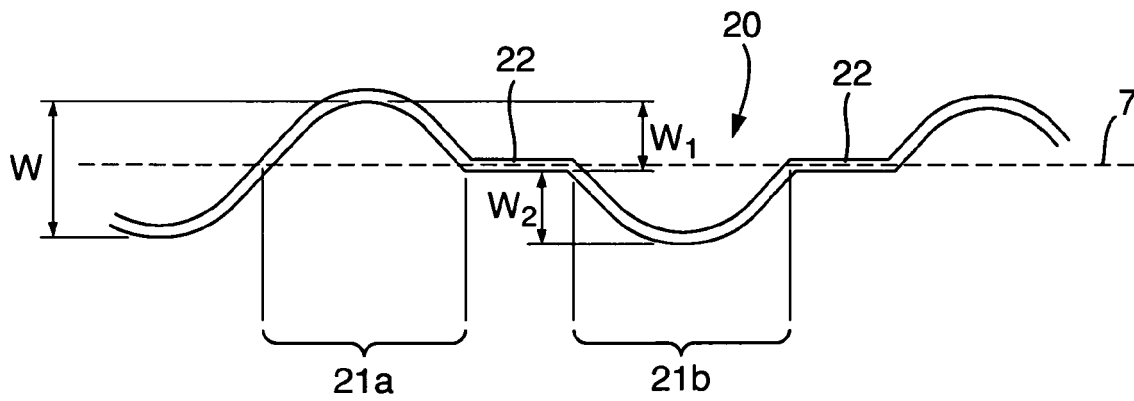


Fig.7.

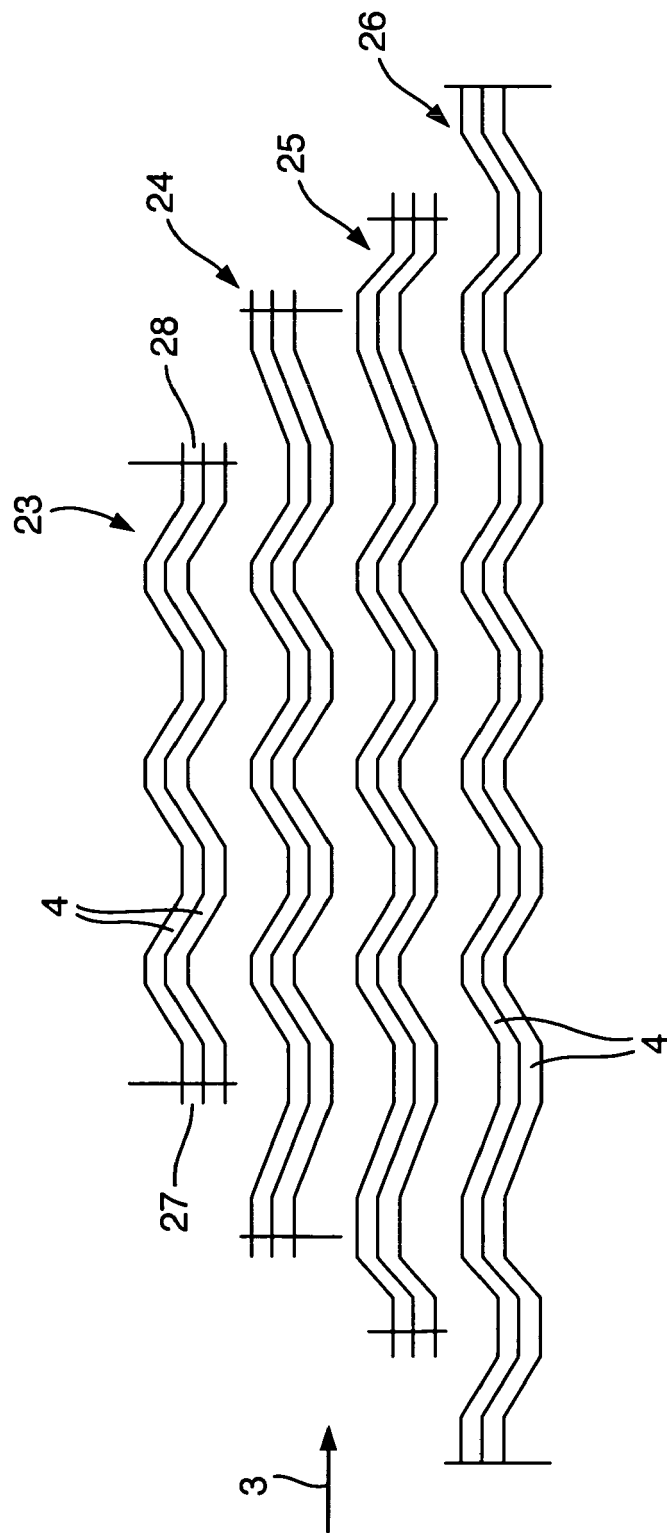


Fig.8.

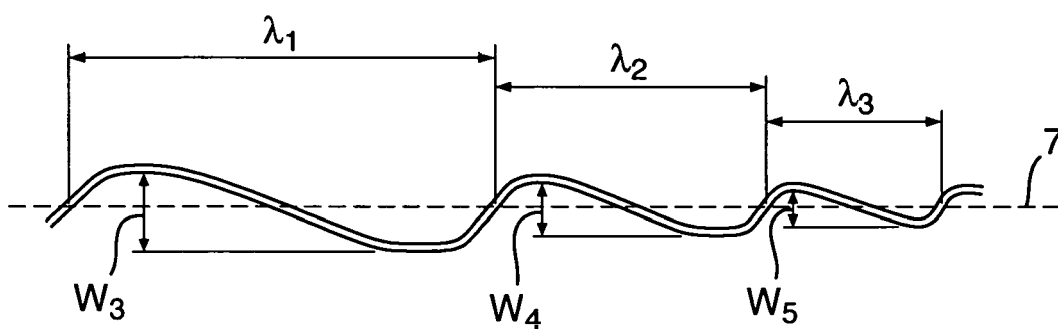


Fig.9.

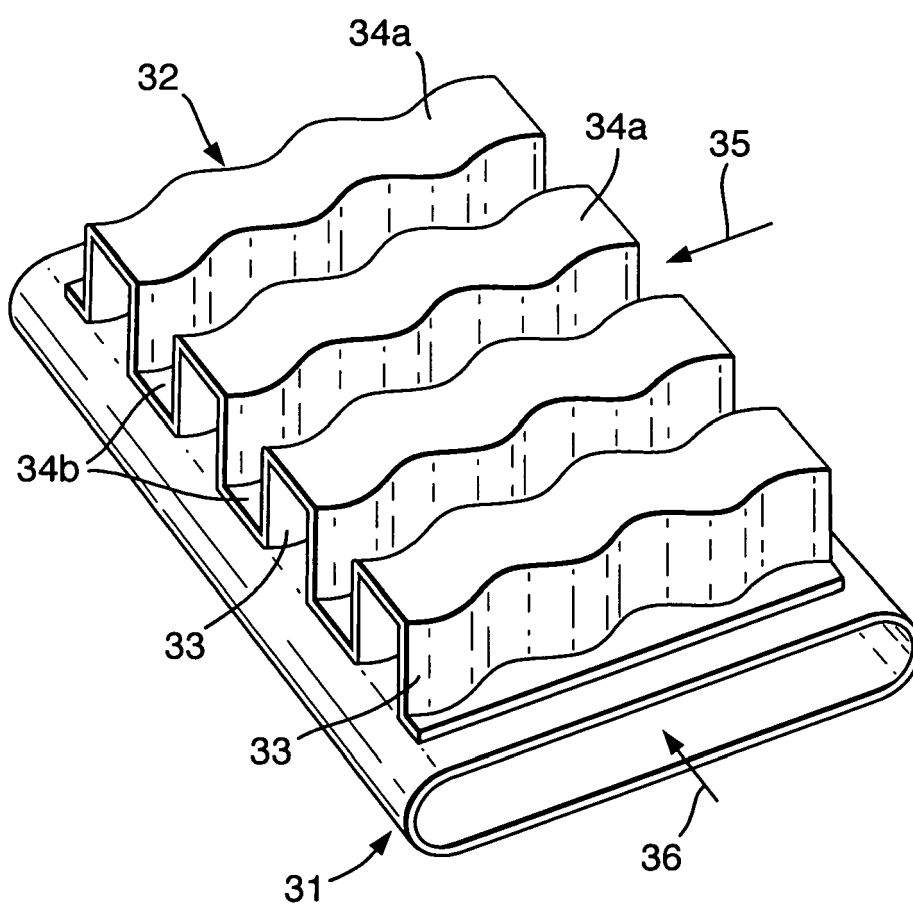


Fig.10.

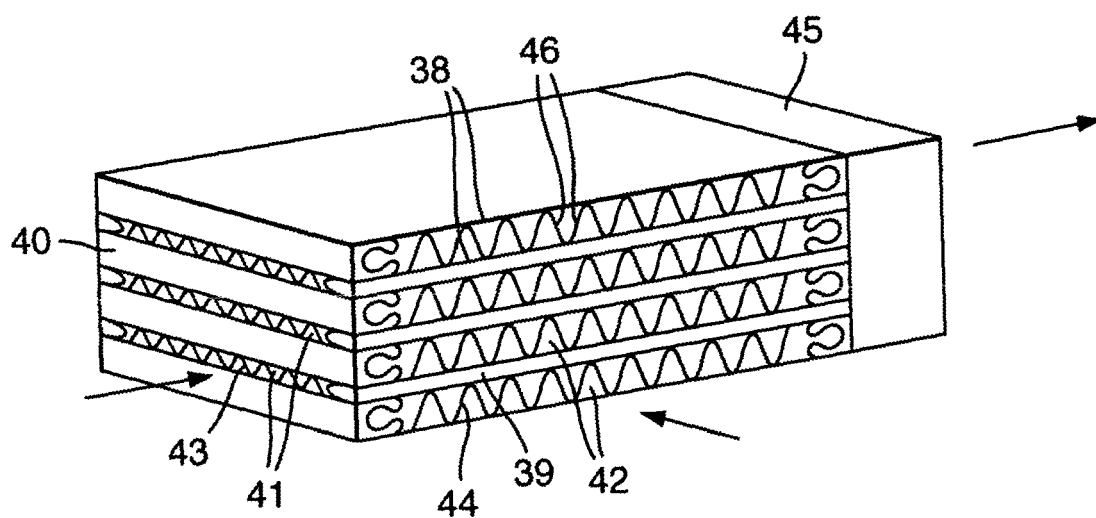
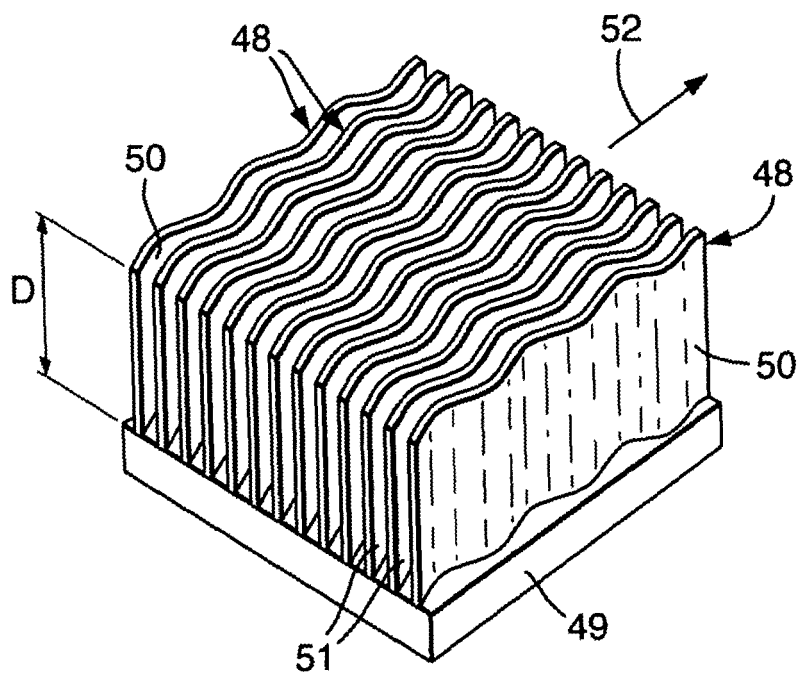


Fig.11.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 06 01 1707

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                           | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | EP 0 706 212 A2 (SUMITOMO METAL IND [JP]; SUMITOMO PRECISION PROD CO [JP])<br>10. April 1996 (1996-04-10)<br>* Spalte 16, Zeile 3 - Zeile 32; Abbildung 12a * | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>F28F3/02<br>F28F1/32            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -----<br>JP 2002 071288 A (SUMITOMO PRECISION PROD CO) 8. März 2002 (2002-03-08)<br>* das ganze Dokument *                                                    | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -----<br>JP 2004 263616 A (TOYO RADIATOR CO LTD)<br>24. September 2004 (2004-09-24)<br>* das ganze Dokument *                                                 | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -----<br>US 3 372 743 A (PALL DAVID B ET AL)<br>12. März 1968 (1968-03-12)<br>* das ganze Dokument *                                                          | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -----<br>JP 61 295494 A (SHOWA ALUMINUM CORP)<br>26. Dezember 1986 (1986-12-26)<br>* das ganze Dokument *                                                     | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -----<br>US 5 372 187 A (HAUSHALTER FREDERICK W [US]) 13. Dezember 1994 (1994-12-13)<br>* das ganze Dokument *                                                | 1-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br>F28F |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Recherchenort<br>München                                                                                                                                      | Abschlußdatum der Recherche<br>17. Oktober 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Prüfer<br>Bain, David                   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                               | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                         |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 01 1707

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

17-10-2006

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0706212                                          | A2                            | 10-04-1996                        | JP 3158983 B2 23-04-2001      |
|                                                     |                               | JP 8320194 A                      | 03-12-1996                    |
|                                                     |                               | US 5625229 A                      | 29-04-1997                    |
| JP 2002071288                                       | A                             | 08-03-2002                        | KEINE                         |
| JP 2004263616                                       | A                             | 24-09-2004                        | KEINE                         |
| US 3372743                                          | A                             | 12-03-1968                        | KEINE                         |
| JP 61295494                                         | A                             | 26-12-1986                        | KEINE                         |
| US 5372187                                          | A                             | 13-12-1994                        | 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**

- DE 596871 C [0003]
- US 3907032 A [0005]
- DE 19503766 A1 [0005]
- EP 1357345 A2 [0005]
- DE 10218274 A1 [0005]