

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 268 831
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 87115457.1

(51)

Int. Cl. 4: F28F 1/32

(22)

Anmeldetag: 21.10.87

Ein Antrag gemäss Regel 88 EPÜ auf Berichtigung der zitierten DE-OS auf Seite 24 der ursprünglich eingereichten Anmeldeunterlagen liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen werden (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 2.2).

(30)

Priorität: 22.10.86 DE 3635940

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.06.88 Patentblatt 88/22

(84)

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

(71)

Anmelder: **THERMAL-WERKE Wärme-, Kälte-, Klimatechnik GmbH**
Talhausstrasse 6 Postfach 16 80
D-6832 Hockenheim(DE)

(72)

Erfinder: **Haussmann, Roland, Dipl.-Ing.**
Kurt-Weill-Weg 2
D-6906 Leimen 3(DE)

(74)

Vertreter: **Dr. Elisabeth Jung Dr. Jürgen Schirdewahn Dipl.-Ing. Claus Gernhardt**
P.O. Box 40 14 68 Clemensstrasse 30
D-8000 München 40(DE)

(54)

Lamelle.

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Lamelle (1) für die gemeinsame Verrippung mehrerer Wärmetauscherrohre eines Rohrlamellenwärmetauschers in Kraftfahrzeugen, bei dem Umgebungsluft als erstes Wärmetauschfluid längs der Oberfläche der Lamelle (1) und ein zweites Wärmetauschfluid in den Wärmetauscherrohren geführt sind. Die Lamelle (1) ist in Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids gewellt ausgebildet. In der Lamelle (1) sind Anschlußhülsen (4) angeformt, die zum Anschluß an die Wärmetauscherrohre (14) dienen. Mindestens ein Wellenberg (5) verläuft zwischen zwei quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids benachbarten Anschlußhülsen (4), und in Zwischenräumen zwischen den Anschlußhülsen (4) sind aus der gewellten Oberfläche der Lamelle (1) lokale Luftleitprofile angeformt. Bei einer solchen Lamelle (1) ist nach der Erfindung vorgesehen, daß die Luftleitprofile mindestens überwiegend geschlossene Ausbuchtungen (6) mit geringerer Höhe als der Lamellenabstand b im Rohrlamellenwärmetauscher (22) sind und daß die Ausbuchtungen (6) jeweils auf einer Flanke (20) der Wellung angeordnet sind.

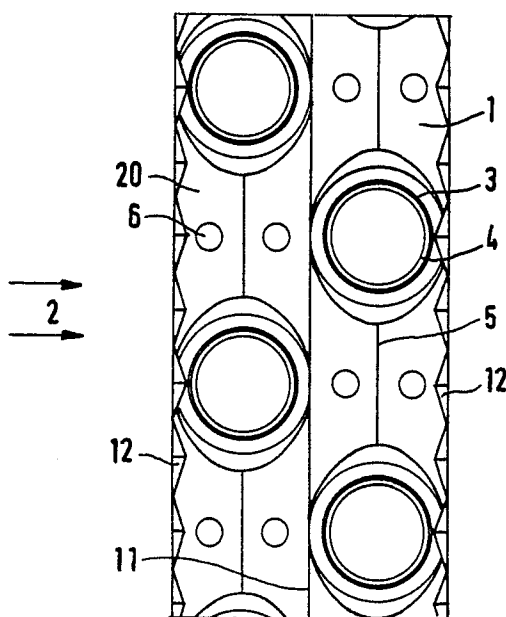


FIG. 1

EP 0 268 831 A1

Lamelle

Die Erfindung bezieht sich auf eine Lamelle aus Al oder einer Al-Legierung für die gemeinsame Verrippung mehrerer Wärmetauscherrohre eines Rohrlamellenwärmetauschers in Kraftfahrzeugen gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Wärmetauscherlamellen dieser Art sind aus der DE-OS 25 30 064 bekannt. Sie werden außen von Umgebungsluft als erstem Wärmetauschfluid beaufschlagt, während ein zweites Wärmetauschfluid in den Wärmetauscherrohren geführt ist, welche durch die Lamelle verrippt werden.

Lamellen für Rohrlamellenwärmetauscher von Kraftfahrzeugen werden jetzt generell aus Al oder Al-Legierungen gefertigt, und zwar in sehr dünnen Wandstärken zwischen typischerweise 0,08 und 0,15 mm. Eine Fertigung derartiger Lamellen aus Eisenblech kommt aus Gründen etwa vierfach schlechterer Wärmeleitfähigkeit, Korrosions- und Gewichtsgründen praktisch nicht in Frage. Edelstahlblech wäre zwar korrosionsfest, bezieht jedoch nur noch etwa 10 % der Wärmeleitfähigkeit einer Al-Lamelle. Eine Fertigung derartiger Lamellen aus Cu würde zwar den Anforderungen hinsichtlich Korrosionsfestigkeit oder gar Wärmeleitung, die sogar besser ist, genügen, scheidet jedoch außer in Ausnahmefällen, z.B. bei einigen Motorkühlern oder lötbaren Heizungswärmetauschern, aus Gewichtsgründen und des Cu-Preises im Vergleich mit dem Al-Preis aus.

In diesem Sinne hat sich bei Wärmetauschern für Kraftfahrzeuge in der Entwicklung als Großserienteile eine Optimierung nicht nur nach Leistungsdaten, sondern auch nach Gewicht, Bauvolumen, Materialeinsatz u.dgl. ergeben, die einen Vergleich mit Wärmetauschern aus anderen Anwendungsbereichen mit kleineren Stückzahlen bis zur Einzelfertigung nicht ohne weiteres zuläßt.

Für derartige Lamellen soll mit einfach herstellbaren, dauerhaften Mitteln eine möglichst hohe Wärmeübergangszahl zwischen der Lamelle einerseits und dem diese beaufschlagenden, gasförmigen ersten Fluid andererseits erreicht werden. Diese Steigerung des Wärmeübergangswertes bringt Einsparungen im Investitionsbereich und im Betrieb mit sich, da bei gleicher zu übertragender Wärmemenge und gleichen Betriebstemperaturen die Wärmetauscherfrontfläche (angeströmte Fläche) und die Bautiefe reduziert oder der Abstand der Wärmetauscherlamellen vergrößert werden kann. Da die Wärmetauscherlamelle für Rohrlamellenwärmetauscher in Kraftfahrzeugen eingesetzt wird, sind gerade die Reduzierung des Bauvolumens und damit einhergehende Verringerung des Wärmetauschergewichtes von entscheidender Bedeutung. Dies gilt sowohl für den möglichen

Anwendungsfall auf Kraftfahrzeugkühler oder Heizungswärmetauscher als auch für die bevorzugten Anwendungen bei Verflüssigern oder Verdampfern in Kraftfahrzeugklimaanlagen.

Der Wärmetausch zwischen den beiden Fluiden erfolgt mittels Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion, insbesondere aber auf dem Wege der Konvektion, bei der die Wärme durch bewegte Stoffteilchen übertragen wird. Gerade der Wärmetausch durch Konvektion ist maßgeblich von der Art der Strömung des gasförmigen ersten Fluids um die Rohre und die Wärmetauscherlamelle abhängig.

Es ist bekannt, daß sich bei Strömungen parallel zu einer Platte an der Oberfläche eine laminare Grenzschicht bildet, die mit zunehmendem Strömungsweg L dicker wird und den Wärmeaustausch durch Konvektion behindert, da durch diese laminare Grenzschicht die Wärme nur durch molekulare Leitvorgänge übertragen werden kann. Qualitativ wird die äußere Wärmeübergangszahl durch die Formel $\alpha_a = c \cdot \sqrt{\frac{w}{L}}$ beschrieben, worin α_a die über die Plattenlänge L gemittelte Wärmeübergangszahl vom gasförmigen Fluid an die Lamellen- oder Plattenoberfläche, w die Strömungsgeschwindigkeit des die Lamellen beaufschlagenden gasförmigen Mediums, c eine sich aus den physikalischen Eigenschaften des strömenden Mediums ergebende Konstante sind. Aus der Gleichung ist ersichtlich, daß zur Verbesserung der Wärmeübergangszahl bei Platten entweder die Strömungsgeschwindigkeit erhöht oder die überströmte Länge der Platte L verringert werden muß.

Eine weitere Verminderung des Wärmeaustausches haben zudem die Strömungstoträume zur Folge, die sich in Strömungsrichtung des ersten Fluids hinter Rohrbereichen aufbauen, d.h. in deren Strömungsschatten. Durch einen sich durch die Strömung hinter den Wärmetauscherrohren ausbildenden stationären Wirbel geringer Intensität werden dort die örtlichen Wärmeübergangszahlen erheblich kleiner als in den von der Hauptströmung berührten Bereichen. Auch müssen bei fortschreitender Verringerung der Lamellendicke zunehmend die Wärmeleitwiderstände in der Lamelle mit berücksichtigt werden, woraus die Forderung nach einer bei konstantem Rohrabstand möglichst gleichmäßigen Wärmestromdichte in der Lamelle resultiert, die wiederum durch eine Anpassung der örtlichen Wärmeübergangszahlen erreicht wird. Um diese Anforderungen zu erreichen, ist es bekannt, die Lamelle in verschiedenartiger Weise zu profilieren. Eine der einfachsten bekannten Profilierungen besteht in einer gewellten Ausbildung der Lamelle

in Strömungsrichtung des ersten Fluids, so daß die Wellenberge und Wellentäler quer zu dieser Strömungsrichtung verlaufen (vgl. z.B. die gattungsgemäße DE-OS 25 30 064, aber z.B. auch die DE-OS 27 56 941). Durch diese Wellung wird einerseits der Strömungsweg und damit die Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Lamellen geringfügig erhöht, andererseits wird durch die erforderliche Umlenkung der Luft in der gewellt geformten Lamelle nach jedem Wellenberg ein zumindest teilweiser Neuaufbau der laminaren Grenzschicht erreicht, wodurch eine Vergrößerung der Grenzschicht und damit ein der genannten Gleichung entsprechender Abbau der äußeren Wärmeübergangszahl wenigstens teilweise vermieden werden können. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Wellenberge relativ scharf ausgebildet sind, insbesondere als Kanten einer geradlinigen Zickzack-Wellung (vgl. Anspruch 4); im Rahmen der Erfindung sollen aber auch gerundet ausgebildete Wellenberge mit einbezogen bleiben.

Der Steigerung der äußeren Wärmeübergangszahl gegenüber einer glatten Platte sind jedoch Grenzen gesetzt, da ab einem Wellungswinkel von 15 bis 20° die Wärmeübergangszahl nur noch geringfügig, der luftseitige Druckverlust hingegen in zunehmendem Maße ansteigt (Fig. 3). Die ausschließlich mit einer Wellung erreichte Steigerung der äußeren Wärmeübergangszahl ist im Bereich eines technisch sinnvollen Verhältnisses von Leistungszunahme zu Druckverlustzunahme, d.h. Wellungswinkel bis maximal 20°, unzureichend, da der Abbau der laminaren Grenzschicht durch die Wellung nicht ausreicht und zudem die Oberflächenvergrößerung sowie die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit bei einem Wellungswinkel von maximal 20° noch recht gering sind (6%). Auch werden durch eine Wellung der Lamellenoberfläche keine wesentliche Reduzierung des Strömungstotraumes hinter den Rohren sowie keine in bezug auf eine gleichmäßige radiale Wärmestromdichte optimale Verteilung der örtlichen Wärmeübergangszahlen erreicht. Wellungswinkel von ca. 45°, wie sie in der DE-OS 25 30 064 zeichnerisch dargestellt sind, führen zu einer Vergrößerung der Grenzschicht, durch die die Wärme infolge von molekularer Leitung der Luft transportiert werden muß, da die Luft nur noch in geringem Umfang parallel zur Wellung strömt und sich in jedem Wellental ein stationärer Wirbel geringer Intensität ausbildet. Die hohe Oberflächenvergrößerung von 30 bis 40 % je nach Oberflächenanteil der hülsenförmig ausgeprägten Rohranschlußstellen wird zum größten Teil durch die eingangs beschriebene Vergrößerung der Grenzschichtdicke wieder kompensiert, so daß die Zunahme der äußeren Wärmeübergangszahl erfah-

rungsgemäß nur unwesentlich größer als bei einem Wellungswinkel von 20° ist (Fig. 7).

Für ungewellte Lamellen wurden neue Profilformen entwickelt, die aus der Lamelle selbst herausgedrückt sind, wobei Durchbrüche im Lamellenmaterial entstehen. Allen diesen Profilierungen ist gemeinsam, daß durch die Formgebung der Lamelle der Aufbau einer laminaren Grenzschicht größerer Dicke möglichst verhindert werden soll. Eine bekannte Profilierung dieser Art (DE-GM 78 06 410) versucht das gasförmige Fluid in einem herausgedrückten Führungskanal mit halbkreisförmigem Querschnitt in die Strömungsschatten hinter den Anschlußstellen zu führen. Durch die am Anfang und Ende eines Führungskanals entstehenden Anschnittkanten muß jeweils ein Neuaufbau des thermischen und hydraulischen Strömungsprofils erfolgen. Abgesehen davon, daß es zweifelhaft ist, daß durch die Führungskanäle die Ausbildung des leistungsmindernden Strömungsschattens behindert wird, sind auch die Anschnittkanten nur auf einen geringen Flächenanteil der Lamelle begrenzt, während ein großer Flächenanteil der Lamelle ohne Grenzschicht mindernde Profilierungen als glatte Lamelle ausgebildet ist. Eine gleichmäßigere Verteilung von Lamellendurchbrüchen und Leitstegen ist in der bekannten Anordnung (DE-OS 25 18 226) einer Wärmetauscherlamelle für die Chemieindustrie, insbesondere die Erdölindustrie, gegeben, bei der zwischen zwei Anschlußstellen in der Lamelle eine Vielzahl von Leitstegen geringer Breite vorgesehen ist, durch die ein ständiger Neuaufbau der laminaren Grenzschicht erzwungen werden soll. Diese Maßnahme erscheint jedoch tatsächlich als nachteilig, da die den äußeren Leitstegen zugeordneten Schlitze in der Wärmetauscherlamelle dann den Wärme fluß von den in den Anschlußstellen aufzunehmenden Rohren zu den äußeren Leitstegen durch einen zum Teil erheblich größeren Strömungsweg erschweren, so daß eine größere Temperaturdifferenz zum Wärmetransport erforderlich und damit der Rippenwirkungsgrad reduziert wird. Da die äußeren Leitstege sich in derselben Ebene nahe aufeinander befinden, wird auch die im vorhergehenden Schlitz gebildete Grenzschicht nicht vollständig abgebaut. Im übrigen pflegt sich der durchschnittliche Kraftfahrzeugtechniker, auch soweit er mit Wärmetauscherbau für Kraftfahrzeuge und insbesondere deren Klimaanlage befaßt ist, nicht bei Wärmetauscherkonstruktionen für die Chemieindustrie umzusehen.

Der zuletzt angesprochene technische Nachteil wird in der auf Raumheiz- und Kühlsysteme bezogenen DE-OS 31 31 737 dadurch umgangen, daß bei den dort beschriebenen Lamellen von Rohrlamellenwärmetauschern Leitstege als dachförmige Streifen ausgeprägt und gegeneinander

brückenförmig angeordnet sind. Diese Ausbildung der Leitstege ist zwar vom Grenzschichtabbau und von der Lamellenstabilität her besser, jedoch besteht wiederum der Nachteil, daß es zu keinem wenigstens annähernd winkelinvarianten radialen Wärme fluß rund um die Wärmetauscherrohre kommen kann. Die Herstellungswerkzeuge für diese Lamelle sind besonders kompliziert und es kommt bei vorgegebener Leistung zu hohen Druckverlusten, insbesondere im Falle von zusätzlicher Kondensation von Wasserdampf infolge einer Taupunktunterschreitung der Lamelle. Im letztgenannten Fall setzt sich das Kondenswasser durch Adhäsion zwischen den vielen Leitstegen wie in einem Schwamm fest, so daß durch die Versperung der Lamellenfläche mit Kondenswasser der Wärmeübergang noch schlechter als bei einer glatten Lamelle ist.

Nach einer Verbesserung (DE-PS 33 36 985) dieser grundsätzlichen Konstruktionsweise wurden zwar bei gleichbleibend hoher Wärmeübergangszahl der luftseitige Druckverlust reduziert sowie die erforderlichen Herstellungswerkzeuge vereinfacht, indem zwischen benachbarten Anschlußstellen derselben Reihe mindestens ein Durchbruch und mindestens an einem Rand des Durchbruchs, der quer zur Reihenerstreckung verläuft und einer Anschlußstelle benachbart ist, ein aus der Lamellenebene ausgestellter Leitsteg für das gasförmige Fluid vorgesehen sind. Durch den Leitsteg wird einerseits die laminare Grenzschicht abgebaut, andererseits die Luft so geführt, daß die Ausbildung eines Strömungsschattens hinter den Rohren vermindert wird. Durch die erforderliche Breite der Leitstege in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids gemessen von mindestens Dreiviertel des Außendurchmessers der Anschlußstellen wird aber die Lamellenstabilität reduziert, so daß bei vorgegebener Lamellenstabilität die Materialstärke vergrößert werden muß, da der Einsatz von härterem Lamellenmaterial durch die maximal erreichbare Höhe der hülsenförmigen Anschlußstellen von bis zu 2,4 mm nicht möglich ist. Selbst bei einer von 0,12 auf 0,15 mm vergrößerten Materialstärke ergeben sich bei einem Lamellenpaket, bei dem die Rohre noch nicht in die hülsenförmigen Anschlußstellen eingeführt sind, gewisse Stabilitätsprobleme beim Handling während des Fertigungsprozesses, so daß relativ hohe Fertigungszeiten in Kauf genommen werden müssen. Auch ist das Problem der Verschmutzung sowie des Festsetzens von Wasser bei Taupunktunterschreitung der Lamelle, analog zu der Wärmetauscherlamelle nach DE-OS 31 31 737, noch nicht vollständig gelöst.

Bei der gattungsgemäßen bekannten Lamelle gemäß DE-OS 25 30 064, die zur Verwendung bei Kraftfahrzeugkühlern bestimmt ist, hat man schon

versucht, die Wärmeübergangszahl einer gewellten Lamelle dadurch weiter zu verbessern, daß aus der Lamelle ausgestellte Lappen, die durch ausgestanzte Reißlöcher gebildet sind und dazu dienen, im Lamellenpaket des Rohrlamellenwärmetauschers Abstandhalter aufeinanderfolgender einzelner Lamellen zu bilden, durch winklige Stellung zur Strömung des ersten Fluids als lokale Luftleitprofile zu verwenden. Durch rastermäßige Anordnung dieser schräggestellten Luftleitbleche in den Lücken gegeneinander versetzter Wärmetauscherrohre bzw. der diese aufnehmenden Anschlußhülsen der Lamelle soll die Beaufschlagung der Lamelle mit dem ersten Fluid im Windschatten der Wärmetauscherrohre verbessert werden. Die Wellung der Lamelle ist dabei so kurzweilig, daß je ein Reißloch mit jeweils zwei parallel zueinander verlaufenden Lappen jeweils zwei Flanken der Wellung unter Überbrückung je eines Wellenberges einnimmt. Im Bereich des Reißloches entfällt dabei die Wellung und deren erwünschte Wirkung. Diese Ausbildung mit den Reißlöchern und den scharf gekrümmten Lappen, welche den ganzen Abstand benachbarter Lamellen einnehmen, ist jedoch prädestiniert, bei Taupunktunterschreitungen entstehendes Kondenswasser festzuhalten und Schmutz einzufangen. Ferner sind die den ganzen Lamellenabstand einnehmenden Lappen relativ großflächige Turbulenzerzeuger mit eigener Windschattenwirkung für das gasförmige erste Fluid mit damit sogar verbundener Minderung des Wärmeübergangs zwischen der Lamelle und dem gasförmigen ersten Fluid. Die Schrägstellung der Lappen in nur einer möglichen Schrägungsrichtung erscheint unmotiviert, da die Strömung des ersten Fluids keine bevorzugte Seitenrichtung kennt. Eine Vervielfachung der als Abstandhalter dienenden Lappen würde den Durchlaßquerschnitt des Lamellenpakets für das erste Fluid zunehmend sperren und dieser erwünschten Wirkungsgraderhöhung somit ebenfalls entgegenwirken. Die gewonnene Verbesserung der bekannten Maßnahme in bezug auf die Wärmeübergangszahl dürfte daher allenfalls nur gering sein und überhaupt nur dann bedeutsam sein, wenn von den Haltehülsen der Lamellen gesonderte Abstandhalter der Lamellen im Lamellenpaket Verwendung finden. Im Rahmen der Erfindung wird stattdessen vorzugsweise von derartigen gesonderten Abstandhaltern ganz abgesehen, da es schon von früheren Lamellenkonstruktionen der Anmelderin an sich bekannt ist (vgl. DE-PS 33 36 985), die Anschlußhülsen der Lamelle an die Wärmetauscherrohre mit Kragen zu versehen, die in entsprechende Rillen an der Rückseite der nächsten Lamelle eingreifen und so die Anschlußhülsen zugleich als Distanzhalter im Lamellenpaket verwenden lassen. Die Erfindung ist auf diesen Fall jedoch nicht beschränkt, sondern läßt

auch die Verwendung gesonderter Distanzhalter als Möglichkeit, wenn auch nicht bevorzugte Möglichkeit, zu.

Im wesentlichen geschlossene Ausbuchtungen aus ebenen Lamellen sind bereits bei Rohrlamellenwärmetauschern bekannt, die für andere Materialien als für Al oder Al-Legierungen offenbart sind.

So zeigt dies beispielsweise die DE-PS 496 733 aus dem Jahre 1930, bei der die Lamellen aus Blech gefertigt sind und mit den Rohren verlötet werden. Es ist offenbar an Eisenblech oder Edelstahlblech gedacht, da durch die Konstruktion der Bleche mit zwischen den Rohren angeordneten Drosselstellen und Luftleitmitteln zur Führung der das Lamellenpaket durchströmenden Luft in die Luftschattenbereiche hinter den Rohren auf solches Material abgestellt ist, bei dem sonst in den genannten Windschattenbereichen mangelnde Wärmeleitfähigkeit zu übermäßigem Temperaturabfall und somit zu einer Verringerung des Wirkungsgrades führt. Dies wäre bei Lamellen aus Kupfer nicht der Fall. Dünne Lamellen aus Aluminium, bei denen sich auch Windschattenprobleme ergeben, gab es damals noch nicht. Außerdem führt die ausdrücklich gewünschte Drosselung zwischen den Rohren zu hohen Druckverlusten. Aus all diesen Gründen ist dieser vorbekannte Wärmetauscher für den Einsatz im Kraftfahrzeugbau nicht geeignet.

Speziell für Kraftfahrzeugkühler sind lötbare Lamellen, vornehmlich aus Kupfer, bereits aus der schon aus 1926 stammenden US-PS 1 575 864 bekannt, bei denen aus einer ebenen Lamelle ein- oder beidseitig spitz, insbesondere kegelförmig, zulaufende Ausbuchtungen hervorstehen, die in der Lamellenebene geschlossen sind. Eine derartige Ausbuchtung ebener Lamellen ist seit den dreißiger Jahren immer wieder, auch von der Anmelderin, mit den verschiedensten Varianten in Betracht gezogen, jedoch ebenso oft wieder verworfen worden, weil die erreichbare Oberflächenvergrößerung sowie die Turbulenzanfachung für die erforderliche Leistungsdichte im Vergleich mit zur jeweiligen Zeit sonst bekanntgewordenen Lamellenkonstruktionen der oben erörterten Art nicht ausreichen. Darüber hinaus gibt diese Vorveröffentlichung auch kein Vorbild, gegebenenfalls derartige Ausbuchtungen so anzuordnen, daß die Strömung in Windschattenbereiche hinter den Rohren geleitet wird. Dies ist wegen der Verwendung von Kupfer als Lamellenmaterial bei dem bekannten Wärmetauscher auch nicht erforderlich.

Seit Anfang der dreißiger Jahre ist daher die Entwicklung des Lamellenbaus für Rohrlamellenwärmetauscher für Kraftfahrzeuge andere Wege gegangen, ohne daß man dabei je in Betracht zog, Wellungen von Lamellen und im wesentlichen oder ganz geschlossene Ausbuchtungen von Lamellen

in irgendeiner Weise zu kombinieren. Im Gegenteil hat man bei der erwähnten DE-PS 496 733 die dort gewählte drosselnde Konstruktion sogar ausdrücklich als Alternative für eine bestimmte Art einer als bekannt angegebenen Wellung, nämlich einer konzentrisch um die Rohre verlaufenden Wellung, vorgeschlagen, ohne eine Kombination von Wellung und Ausbuchtung überhaupt in Betracht zu ziehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lamelle für die gemeinsame Verrippung mehrerer Wärmetauscherrohre eines Rohrlamellenwärmetauschers in Kraftfahrzeugen zu schaffen, welche hervorragende Wärmeübergangsverhältnisse mit gutem Abfluß von Kondenswasser bei Taupunktunterschreitung und gute Stabilität der Lamelle vereint und dabei möglichst nur einfache Herstellungswerkzeuge und geringen Wartungsaufwand benötigt.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Wärmetauscherlamelle gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Das herausragende Merkmal der Lamelle nach der Erfindung besteht darin, daß durch die auf die Flanken der Grundwellung der Lamelle eingeprägte weitere lokale Profilierung in Form von ganz oder fast ganz geschlossenen Ausbuchtungen kleinerer Höhe als der Lamellenabstand eine deutliche Steigerung der äußeren Wärmeübergangszahl α_a erreicht wird, so daß sogar die bisher nur mit geschlitzten Lamellen bzw. mit durchbrochenen Lamellen (DE-PS 33 36 985) erreichten, bisher als optimal geltenden Wärmeübergangszahlen noch deutlich, z.B. mit ca. 8 bis 20 %, überschritten werden können. Dabei tritt nur eine geringe Steigerung des luftseitigen (erstes Fluid) Druckverlustes auf.

Nur mit einer Wellung der Lamelle, selbst bei optimalem geradlinigen Zickzack, lassen sich demgegenüber überhaupt nur Leistungssteigerungen bis zu einem Wellungswinkel θ von 15 bis 20° erreichen. Die dabei erzielte Wärmeübergangszahl liegt jedoch wesentlich unter den möglichen Wärmeübergangszahlen von geschlitzten Lamellen (DE-PS 33 36 985).

Bei einem größeren Winkel θ ist nur noch mit einer geringfügigen Leistungssteigerung, jedoch mit einer starken Zunahme des luftseitigen Druckverlustes zu rechnen (Fig. 7), da sich die Grenzschicht, durch die die Wärme mittels molekularer Leitvorgänge transportiert werden muß, infolge von stationären Wirbeln geringer Intensität, die sich in jedem Wellental ausbilden, vergrößert. Bei der erfindungsgemäßen Lamelle reicht es aus, den Wellungswinkel θ nur bis zu seinem thermodynamisch sinnvollen Maximalwert von 15 bis 20° zu wählen und eine weitere kontrollierte Turbulenzanfachung sowie Oberflächenvergrößerung durch die Aus-

buchtungen zu erreichen, hinter denen sich keine Strömungstoträume ausbilden können. Somit kommt die turbulenzanfachende und grenzschichtvermindernde Wirkung der Ausprägungen voll der strömungsabwärts gelegenen Lamellenfläche zugute, ohne daß diese durch örtliche Grenzschichtvergrößerungen wieder kompensiert wird. Ebenfalls wirkt die durch die Ausprägungen gewonnene Oberflächenzunahme leistungssteigernd. Die Ausbuchtungen lassen sich dabei so ausbilden und verteilen, daß auf konzentrischen Kreisen um die Anschlußhülsen praktisch je weils gleich große Wärmestromdichte herrscht, diese also in bezug auf die Anschlußhülsen richtungsvariant verteilt ist. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Aufspaltung der Strömung des ersten Fluids in Stromfäden und deren Leitung auch in die Bereiche bisheriger Strömungstoträume.

Die gewonnenen Vorteile der erwähnten bestimmten Kombination einer Wellung der Lamellen und deren Versehen mit im wesentlichen oder ganz geschlossenen Ausbuchtungen ist umso überraschender, als damit ein neuer Weg zur Schaffung leistungsmäßig auch im Vergleich mit andersartigen Bauformen hocheffizienter Lamellen geschaffen wird, deren Schaffung durch Wellung oder Ausbuchtung allein bisher immer mißlang. Im Vergleich zu der bisher effektivsten Lamelle der Anmelderin ganz anderer Bauart, nämlich nach der DE-PS 33 36 985, läßt sich eine Steigerung der äußeren Wärmeübergangszahl zwischen ca. 8 und 20 % und damit der übertragenen Wärmeleistung bei gleicher Betriebsbedingung, gleichem Material und gleichen Abmessungen um ca. 5 bis 10 % erreichen, d.h. bis auf die unterschiedliche Lamellenbauart völlig gleichen Bedingungen.

Eine erfindungsgemäße Ausbildung der Wärmetauscherlamelle empfiehlt sich vor allem bei deren Verwendung im Kraftfahrzeug als Verdampfer oder Luftkühler, bei der durch Taupunktunterschreitung Kondenswasser auf der Lamelle entsteht. Durch den praktischen Wegfall sämtlicher Aussteller, Schlitze oder Durchbrüche in der Lamelle kann das Kondenswasser ungestörter abfließen, so daß das Wasserrückhaltevermögen stets geringer ist. Durch die geringere, zwischen den Wärmetauscherlamellen durch Adhäsion festgehaltene Kondenswassermenge bei der erfindungsgemäßen Wärmetauscherlamelle wird einerseits die äußere Wärmeübergangszahl weiter verbessert, da der Wärmewiderstand durch das Kondenswasser verringert wird, und andererseits wird die Lamellenoberfläche schneller trocken, wodurch die Aktivität von geruchsbildenden Bakterien reduziert wird.

Ein weiterer Vorteil des geringeren Wasserrückhaltevermögens der erfindungsgemäßen Wärmetauscherlamelle ist die bessere Eignung

beim Reheat-Betrieb (bei Fahrzeugklimaanlagen), da die nachverdampfte Wassermenge und somit das Beschlagen der Windschutzscheibe nach Abschalten des Verdichters geringer ist.

Durch die starke Verformung der Lamelle praktisch ohne Durchbrüche wird die Stabilität insbesondere im Vergleich zu geschlitzten Lamellen stark erhöht, so daß bei gleicher Festigkeit die Lamellendicke wesentlich reduziert werden kann.

In Verbindung mit der eingangs genannten Leistungssteigerung der erfindungsgemäßen Wärmetauscherlamelle gegenüber anderen Hochleistungslamellen (z.B. DE-PS 33 36 985) kann die Lamellendicke wesentlich reduziert werden, ohne daß Leistungsminderungen zu den genannten Hochleistungslamellen nach DE-PS 33 36 985 entstehen. Da die Wärmetauscherlamelle in nicht überschaubar hohen Stückzahlen für die Kraftfahrzeugindustrie gefertigt werden, ist die Materialkostensenkung sowie die Gewichtsreduzierung und die damit einhergehende Verbesserung der Fahreigenschaften sowie die Reduzierung des Benzinverbrauches von entscheidendem Vorteil. Ein weiterer Vorteil bei der Großserienfertigung der Wärmetauscherlamelle ist der Wegfall der Schnittstempel, die zur Herstellung der Durchbrüche in der Lamelle nach DE-PS 33 36 985 erforderlich sind und einen hohen Wartungsaufwand erforderlich machen, während die Werkzeugeinsätze zur Herstellung der Profilierung der erfindungsgemäßen Lamelle nahezu wartungsfrei sind.

Es versteht sich, daß der Durchschnittsfachmann die Größe, Form, Anzahl und Verteilung der Ausbuchtungen zielgerecht wählen wird. So wird er nicht zu wenig große, aber auch nicht zu viele kleine Ausbuchtungen wählen, da sonst die Luft des ersten Fluids der Lamelle nicht folgen kann. Zu große Ausbuchtungen würden demgegenüber bereits die Gefahr mit sich bringen, eigene Strömungstoträume zu erzeugen. Auch lassen sie sich weniger zur optimalen Aufteilung in Stromfäden verwenden. In Zusammenhang mit der Größe der Ausbuchtungen steht dabei auch die Wellenlänge der Wellung, da ja jede Ausbuchtung nur einer Flanke der Wellung zugeordnet und somit in ihrem jeweiligen Fußbereich gegenüber dem nächsten Wellenberg zurückgesetzt ist. Vorzugsweise erstrecken sich die Ausprägungen gemäß den Ansprüchen 2 oder 3 nur über einen Teil der Flankenlänge der Wellung, die ihrerseits optimal gemäß den Ansprüchen 4 bzw. 16 gewählt ist.

Für die Steigerung der Wärmeübergangszahl ist ebenfalls die Anordnung der noppenartigen Ausbuchtungen in Abhängigkeit von der Rohrverteilung von Bedeutung. Während im Rahmen von Anspruch 8 z.B. bei kleinen Abständen der Anschlußhülsen quer zur Luftrichtung zwei in Luftrichtung fluchtend angeordnete Ausbuchtungen zum

Erreichen einer vorgegebenen Wärmeübergangszahl bei geringem Druckverlust - schon ausreichen können (vgl. auch Fig. 1), kann im Rahmen von Anspruch 9 bei höherer Leistungsanforderung die Anordnung der Ausbuchtungen zur Luftströmung versetzt sein (vgl. auch Fig. 2).

Eine weitere Steigerung der Wärmeübergangszahl wird in beiden genannten Fällen die Anordnung von mehr als zwei Ausbuchtungen erreicht, wobei der Mittenabstand der Ausbuchtungen in Abhängigkeit vom Lamellenabstand b so verringert werden sollte, daß gerade noch keine Grenzschichtverdickung auftritt (vgl. Anspruch 14). Dabei ist gemäß Anspruch 6 bevorzugt, daß jede Flanke der Wellung mit Ausbuchtungen versehen ist.

Die optimale Geometrie der Zickzack-Wellung ist in Anspruch 4 festgelegt. Dabei ist bei großen Lamellenabständen eine kleine Anzahl von Wellenbergen zwischen zwei benachbarten Anschlußstellen einer Rohrreihe, vorzugsweise nur ein Wellenberg, zweckmäßig; im Bereich der angestrebten kleinen Lamellenabstände sind vorzugsweise 1,5 oder 2 Wellenberge zu wählen (vgl. auch Anspruch 16). Durch die Anzahl der Wellenberge ergibt sich bei vorgegebener Geometrie der Anschlußstellen sowie dem maximalen Wellungswinkel θ von 15 bis 20° eine effektive Höhe der Wellung, gemessen rechtwinklig zur Grundfläche oder Hauptebene der Lamelle. Die Höhe der Ausbuchtungen wird als Überstand senkrecht zur Lamellenflanke gemessen und beträgt im Sinne von Anspruch 19 mindestens 15 %, maximal 80 %, vorzugsweise jedoch 30 bis 50 %, des Lamellenabstandes im Rohrlamellenwärmetauscher.

Die Ansprüche 17 und 18 beziehen sich auf die bereits erwähnte Lamellendistanzierung über die Anschlußhülsen und unterstreichen die Notwendigkeit, daß zum Erreichen einer maximalen Wärmeübergangszahl bei verhältnismäßig geringem luftseitigen Druckverlust die gesamte Lamellenfläche eine möglichst-gleichmäßige Profilierung haben sollte. Dabei sind nach Anspruch 18 Flächen mit allzu großem Winkel gegenüber der Lamellengrundfläche zu vermeiden, da im Lamellenpaket des Rohrlamellenwärmetauschers an diesen Stellen der Lamellenabstand mit dem Faktor $\cos \theta$ reduziert wird und somit bei abnehmendem Lamellenabstand das Wasserhaltevermögen größer wird.

In den Ansprüchen 11 bis 13 sind bevorzugte Formen der Ausbuchtungen angegeben. Wenn auch zur Zeit kegelige Formen als besonders zweckmäßig angesehen werden, können doch zum Zweck der Turbulenzanfachung und Oberflächenvergrößerung gemäß den Ansprüchen 12 und 13 auch andere Formen zugelassen werden, die ohne Reißen der Lamelle geprägt werden können. Dabei sind axialsymmetrische Ausbuchtungen bevorzugt; in Frage kommen beispielsweise aber auch langgestreckte Ausbuchtungen, z.B. mit ovalem Querschnitt.

In Anspruch 10 wird noch auf eine spezielle Anordnung der Ausbuchtungen eingegangen, die, um eine konstante Wärmestromdichte in der Lamelle zu erhalten, so angeordnet werden, daß im Bereich kleiner Strömungsgeschwindigkeiten, d.h. großer Rohrabstände, zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen mehr Ausbuchtungen und im Bereich hoher Strömungsgeschwindigkeiten, d.h. kleiner Rohrabstände zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen, weniger oder im Grenzfall keine Ausprägungen vorhanden sind.

Die durch derartige Maßnahmen erreichbare Wirkung, daß auf konzentrischen Kreisen um die Anschlußhülsen annähernd konstante Wärmestromdichte in der Lamelle herrscht, erlaubt in Verbindung mit der höheren Formstabilität der Lamelle ebenfalls eine Reduzierung der Lamellendicke ohne Verschlechterung des Rippenwirkungsgrades, da der gesamte zur Wärmeleitung zur Verfügung stehende Lamellenquerschnitt auf jedem konzentrischen Kreis um die Anschlußstelle gleichmäßig "wärmedurchströmt" wird und somit die gesamte Lamelle in ihrer Leitfähigkeit gleichmäßig ausgenutzt wird. Hier liegt der große Vorteil der erfindungsgemäßen Wärmetauscherlamelle gegenüber geschlitzten Lamellen bzw. Lamellen mit Ausstellern, Durchbrüchen und Leitstegen, die bis dato ausschließlich im Bereich der Hochleistungslamellen Anwendung finden, daß keine Bereiche mit extrem hohen Wärmeübergangszahlen entstehen, sondern die Wärmestromdichte gleichmäßig bei Reduzierung des Abstandes zum Rohr zunimmt.

Vorzugsweise ragen zur Herstellungserleichterung der Lamelle gemäß Anspruch 5 alle Ausbuchtungen und alle Anschlußstellen aus derselben Seite der Lamelle hervor.

Bei den in der DE-OS 31 31 737 beschriebenen brückenförmigen Streifen, die durch Einschneiden und Anheben des Materials gebildet sind, wird demgegenüber durch die Dachform der Streifen einerseits und durch den erforderlichen Neuaufbau der laminaren Grenzschicht andererseits eine örtlich extrem hohe Wärmeübergangszahl erreicht. Die daraus resultierende extrem hohe Wärmestromdichte beim Eintritt der Wärmestromlinien in die aus der Lamellenebene ausgestellten Streifen erfordert jedoch einen örtlich erheblich höheren Temperaturgradienten, da aus herstellungsbedingten Gründen das Lamellenmaterial nicht entsprechend der Wärmestromdichte örtlich variiert werden kann. Der in Richtung der Wärmestromlinien von der Anschlußstelle zur Mitte des brückenartigen Streifens erhöhte Temperaturgradient führt dann zu einer reduzierten Tempera-

turdifferenz zwischen dem brückenartigen Streifen und dem auf der Außenseite der Wärmetauscherlamelle strömenden gasförmigen ersten Fluid, wodurch die übertragende Wärmemenge reduziert wird und die örtlich sehr hohen Wärmeübergangszahlen nicht entsprechend in übertragene Wärmeleistung umgesetzt werden können.

Die Erfindung wird im folgenden anhand - schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen noch näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lamelle;

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine in bezug auf die Ausbuchtungsanordnung variierte zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lamelle;

Fig. 3 und 4 zur weiteren Optimierung eine dritte und eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lamelle in Draufsicht;

Fig. 5 einen Schnitt nach der Linie I-I in Fig. 4 mit Darstellung zweier benachbarter Lamellen im Rohrlamellenwärmetauscher;

Fig. 6 zum Vergleich einen Fig. 5 entsprechenden Querschnitt durch die bekannte Wärmetauscherlamelle nach der DE-OS 25 30 064;

Fig. 7 ein Diagramm zur Erläuterung des Einflusses des Wellungswinkels θ auf die Wärmeübergangszahl und den Druckverlust von ausschließlich zickzackgewellten Lamellen nach dem Stand der Technik;

Fig. 8 einen Ausschnitt eines Lamellenpaketes mit Schnittführung durch die beiden Achsen zweier benachbarter Wärmetauscherrohre des Rohrlamellenwärmetauschers; sowie

Fig. 9 schematische Seiten- und Stirnansichten eines solchen Rohrlamellenwärmetauschers.

In den Fig. 1 bis 4 sind Lamellen 1 eines Rohrlamellenwärmetauschers in verschiedenen Ausführungsformen dargestellt, bei denen durch Verformen von Lamellenblech mit der bevorzugten Stärke von 0,07 bis 0,5 mm, vorzugsweise 0,07 bis 0,15 mm, aus Al oder einer Al-Legierung davon, durch Stanz-, Zieh- oder Prägevorgänge die nachfolgend geschilderte Oberflächenprofilierung hergestellt wird.

In jeder Wärmetauscherlamelle 1 erstrecken sich mehrere Reihen von Anschlußhülsen 4 zur Aufnahme von Wärmetauscherrohren 14 (vgl. Fig. 8 und 9). Die Anschlußhülsen 4, sind zur Aufnahme jeweils eines das zweite Fluid führenden Wärmetauscherrohres 14 als zylindrische, elliptische oder anders geformte Hülse so ausgebildet, daß in Richtung des ersten, die Wärme tauscherlamelle 1 selbst beaufschlagenden gasförmigen Fluids ein bis auf geringe Abweichun-

gen definierter Außendurchmesser entsteht. Die Anschlußhülsen 4 sind dabei an ihrem äußeren freien Rand, nach Art eines äußeren Ringflansches, unter Bildung eines Kragens 13 nach außen gebogen, um damit in einem Lamellenpaket eines Rohrlamellenwärmetauschers 22 (vgl. Fig. 8 und 9) den gegenseitigen Abstand der Lamellen 1 festzulegen. Die Anschlußhülsen 4 ragen dabei ihrerseits aus einer in der Lamelle 1 ausgebildeten ringförmigen Aufnahmemulde 3 hervor, in der auf der der Anschlußhülse abewandten Seite der korrespondierende Kragen 13 einer Anschlußhülse 4 einer benachbarten Lamelle 1 eingreift. Die Lamellen 1 werden bei Anwendungen in Wärmetauschern von Kraftfahrzeugen von Umgebungsluft als einem gasförmigen ersten Fluid beaufschlagt, welches über die Lamelle 1 im Rohrlamellenwärmetauscher 22 mit dem in den Wärmetauscherrohren geführten zweiten Fluid in Wärmetausch tritt. Im allgemeinen verläuft die Strömungsrichtung 2 des ersten Fluids quer zu der der Achsrichtung der Wärmetauscherrohre 14 bzw. der Anschlußhülsen 4 folgenden Strömungsrichtung des zweiten Fluids. Die Strömungsrichtung 2 des ersten Fluids ist in den dargestellten Draufsichten der Wärmetauscherlamelle 1 durch Richtungspfeile gekennzeichnet.

Die Anschlußhülsen 4 sind in Reihen quer zur Strömungsrichtung 2 des ersten Fluids angeordnet. Dabei kommen sowohl Ausführungsformen, bei denen aufeinanderfolgende Reihen der Anschlußhülsen 4 auf Lücke versetzt sind (Fig. 1 bis 4), als auch solche in Frage, bei denen benachbarte Anschlußhülsen 4 aufeinanderfolgender Reihen in Strömungsrichtung 2 fluchtend ausgerichtet sind (zeichnerisch nicht dargestellt). Beide Ausführungsformen der Lamelle 1 sind möglich. Die Anschlußhülsen 4 sind vorzugsweise identisch gestaltet. In jeder Reihe haben benachbarte Anschlußhülsen 4 gleiche Abstände. Die Abstände sind im allgemeinen auch in unterschiedlichen Reihen gleich. Ebenso ist auch der Abstand zwischen in Strömungsrichtung 2 aufeinanderfolgenden Reihen untereinander gleich. Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 sind zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen 4 derselben Reihe jeweils zwei kegelförmige Ausbuchtungen 6 auf einer zickzackförmigen Wellung so angeordnet, daß die Ausbuchtungen 6 einerseits symmetrisch zwischen den beiden benachbarten Anschlußhülsen 4 einer Reihe und andererseits etwa in der Mitte zwischen Wellenberg 5 und Wellental 11 angeordnet sind.

Allgemein gilt folgendes:

Statt von Wellenberg 5 und Wellental 11 kann man verallgemeinernd auch von Wellungsberg bzw. -tal sprechen. Zwischen einem Wellenberg 5 und einem Wellental 11 liegt jeweils eine Flanke 20 der Wellung. Die Form der Ausbuchtungen 6 kann

man auch als Noppen bezeichnen, die je nach Verformungsfähigkeit und Werkzeugaufwand in einem gewissen Rahmen frei gewählt werden. So können außer den dargestellten kegelförmigen Ausbuchtungen 6 auch prismenförmige, zylinderförmige, kugelabschnittförmige Ausbuchtungen 6 oder solche in Form einer drehparabolischen Ausbuchtung bzw. eines Pyramiden- oder Kegelstumpfes oder anderer erhabener Ausprägungen verwendet werden. Die Ausbuchtungen 6 sind alle in derselben Richtung aus der Ebene der Lamelle 1 herausgedrückt. Zusätzlich zu der zickzackförmigen Grundwellung kann noch eine Randwellung 12 an der Ein- bzw. Austrittskante des ersten gasförmigen Fluids beim Trennen der Wärmetauscherlamellen eingeprägt werden, die eine zusätzliche Versteifung der Lamellenkante ergibt und bei Taupunktunterschreitung ein Austreten von Spritzwasser aus der Lamelle 1 reduziert.

Alle Ausbuchtungen 6 sind geschlossen und haben jeweils eine geringere Höhe als der Lamellenabstand b (vgl. Fig. 5) im Rohrlamellenwärmetauscher 22 (vgl. Fig. 8,9). Die Ausbuchtungen 6 haben Abstand zu beiden Enden derselben Flanke 20 der Wellung, so daß eine Ausprägung 6 jeweils nur auf einer einzigen Flanke 20 der Wellung ausgebildet ist. Dabei ist bei den Ausführungsformen der Fig. 1 bis 4 jede Flanke 20 der Wellung mit Ausbuchtungen 6 belegt, die jeweils zwischen 50 und 80 % der in der Strömungsrichtung 2 gemessenen Flankenlänge einnehmen.

Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte Abänderung der fluchtenden Anordnung der Ausbuchtungen 6 gemäß Fig. 1, so daß diese gemäß Fig. 2 in bezug auf die Strömungsrichtung 2 des ersten Fluids hintereinander versetzt angeordnet sind. Die versetzte Anordnung der Ausbuchtungen 6 ergibt zwar einen höheren Druckverlust, jedoch ist parallel dazu auch eine weitere Steigerung der Wärmeübergangszahl zu erreichen.

Bei den Lamellen nach Fig. 1 und 2 ist jeweils nur eine Ausbuchtung 6 pro Flanke 20 zwischen benachbarten Anschlußhülsen 4 angeordnet, in Fig. 1 mittig, in Fig. 2 auf in Strömungsrichtung 2 anschließenden Flanken 20 symmetrisch zur Mitte der jeweiligen Flanke 20 seitlich versetzt mit Spiegelsymmetrie zum gedachten Mittelpunkt der in der Reihe benachbarten Anschlußhülsen.

Eine weitere Optimierung der Grundidee von Fig. 2 ist in Fig. 3 dargestellt, bei der zwischen zwei Anschlußhülsen 4 derselben Rohrreihe mehrere, im speziellen Fall der Fig. 3 und 5, Ausbuchtungen 6 versetzt zur Strömungsrichtung 2 angeordnet sind. Dabei sind auf der ebenen Lamellenfläche zwischen dem Wellenberg 5 und dem Wellental 11 zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen 4 einer Reihe von Wärmetauscherrohren 14 bzw. Anschlußhülsen 4 jeweils in Strömungsrichtung 2 des

ersten Fluids abwechselnd drei und zwei Ausbuchtungen 6 angeordnet. Die Verteilung der Ausbuchtungen 6 erfolgt dabei - wie auch im Falle der anschließend erörterten Fig. 4 - symmetrisch zur gedachten Mittellinie zwischen benachbarten Anschlußhülsen 4, und zwar mit äquidistanter Verteilung der Ausbuchtungen 6 einer zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen 4 liegenden Gruppe von Ausbuchtungen 6.

Durch die gleichmäßigere Verteilung der Ausbuchtungen 6, die zudem im Bereich der kleinen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen den benachbarten Anschlußhülsen 4 einer Rohrreihe dichter angeordnet sind, wird eine auf konzentrischen Kreisen um die Anschlußhülsen 4 gleichgroße Wärmestromdichte erreicht.

Bei größeren Abständen der Anschlußhülsen 4 kann sich auch eine weitere Erhöhung der Anzahl der Ausbuchtungen 6 bei gleichem maximalen Ausbuchtungsdurchmesser vorteilhaft auswirken, während sich bei sehr kleinen Lamellenabständen eine Erhöhung der Anzahl der Ausbuchtungen 6 bei gleichzeitiger Reduzierung des maximalen Durchmessers d der Ausbuchtungen 6 empfiehlt.

Die Höhe f der Ausbuchtungen 6 ist in allen Ausführungsformen der Fig. 1 bis 4 so auszubilden, daß sie je nach zulässigem Druckverlust vorzugsweise 30 bis 50 % des vorhandenen Lamellenabstandes b beträgt. Der Abstand a der Mitten benachbarter Ausbuchtungen 6 beträgt zweckmäßig das 1-bis 3-fache, vorzugsweise das 1,3-bis 2-fache des Durchmessers der Grundfläche der einzelnen Ausbuchtungen 6. Ein weiterer Schritt in Richtung einer auf konzentrischen Kreisen um die Anschlußhülse 4 gleichmäßigen Wärmestromdichte bzw. homogen über die gesamte Lamellenoberfläche verteilten äußeren Wärmeübergangszahl ist in Fig. 4 dargestellt, bei der die Anzahl der Flanken 20 zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen 4 einer Rohrreihe gegenüber Fig. 3 von 2 auf 3 gesteigert wurde.

Dadurch können zwischen zwei benachbarten Anschlußhülsen 4 einer Reihe von Wärmetauscherrohren 14 bzw. Anschlußhülsen 4 acht Ausbuchtungen 6 in zur Luftrichtung 2 versetzter Anordnung positioniert werden, und zwar in Strömungsrichtung 2 in der Folge 3 - 2 - 3. Eine weitere Erhöhung der Anzahl an Wellenbergen 5 ist bei kleineren Lamellenabständen b denkbar. Die Grenze bei der Steigerung der Wellen- sowie Ausbuchtungsanzahl ist durch die Luftströmung gegeben, die im Falle einer zu feinen Wellung und damit verbundenen extrem hohen Ausbuchtungsanzahl mit der Ausbildung einer höheren Dicke der Grenzschicht 9 (vgl. Fig. 6) reagiert, da die Strömung des gasförmigen ersten Fluids einer sehr feinen Wellung bzw. Ausbuchtung nicht mehr folgen kann. Auch wird der Werkzeugkostenauf-

wand mit zunehmender Ausbuchtungsanzahl größer, da die Ausbuchtungen 6 infolge der erforderlichen Austauschbarkeit der Werkzeugprofile bei Verschleiß mit Stempeln geprägt werden, die in eine gewellte Grundplatte eingelassen sind, so daß bei steigender Stempelanzahl die Werkzeugkosten zunehmen.

Zweckmäßig beträgt die Länge der einzelnen Flanken 20 der Wellung mindestens das Zweifache und höchstens das Fünffache des Lamellenabstandes b im Rohrlamellenwärmetauscher.

In Fig. 5 ist eine Lamelle 1 im Schnitt dargestellt. In dieser Abbildung wird die Ausprägung aller Ausbuchtungen 6 in eine Richtung und die bevorzugte Relation der Höhen f der Ausbuchtungen 6 im Verhältnis zum Lamellenabstand b ersichtlich. Auch zeigt sich die Auswirkung von örtlich sehr großen Wellungswinkeln α , die zu einer örtliche Reduzierung des Lamellenabstandes von Maß b auf g und damit zu verstärkten Adhäsionskräften zwischen der Lamelle 1 und Kondenswassertröpfchen führen.

In Fig. 6 wird an einer gemäß dem Stand der Technik nach DE-OS 25 30 645 ausgeführten Lamelle 1 (ohne Ausprägungen 6) mit ausschließlicher Wellung durch eingezeichnete Strömungslinien die bei zu großem Wellungswinkel 8 entstehende Zunahme der Grenzschicht 9 verdeutlicht. Da die Luft nicht annähernd der Lamelle 1 folgen kann, bilden sich in den Wellentälern 11 stationäre Wirbel 10 mit geringer Intensität aus, die nur noch eine geringe grenzschichtabbauende Wirkung besitzen und sich zudem in der Temperatur an die Lamelle 1 angleichen, da sie im wesentlichen stationär sind und nicht analog den Turbulenzballen in Hauptströmungsrichtung 2 mittransportiert werden.

In Fig. 7 sind die daraus resultierenden Leistungen bzw. Druckverluste über dem Wellungswinkel 8 aufgetragen. Es zeigt sich, daß ab Wellungswinkeln θ von 20° keine wesentliche Leistungssteigerung mehr erreicht wird und daß es bei Wellungswinkeln θ von mehr als 20° nur noch zu einem steilen Anstieg der luftseitigen Druckverluste kommt, da zudem bei mit vergrößertem Wellungswinkel θ ansteigendem Widerstandsbeiwert durch die Umlenkung auch der Strömungsweg und die Strömungsgeschwindigkeit zunehmen.

In Fig. 8 ist dargestellt, wie in einem Rohrlamellenwärmetauscher 22 (vgl. Fig. 9) gegeneinander versetzte Wärmetauscherrohre 14 mit den Anschlußhülsen 4 der einzelnen Lamellen 1 wärmeleitend fest verbunden sind. Die Befestigung erfolgt durch die bei der Herstellung von Rohrlamellenwärmetauschern üblichen Verfahren, z.B. durch Aufweiten der Wärmetauscherrohre 2 und/oder Hartlöten. Im Lamellenpaket bewirken die Anschlußhülsen 4 die Abstandshalterung benach-

barter Lamellen 1, indem jeweils ein Kragen 13 am freien Ende der jeweiligen Anschlußhülse 4 in eine Ringmulde 3 an der Rückseite der Fußzone der nächstfolgenden Lamelle 1 eingreift. Dadurch ist es möglich, daß keine zusätzlichen Ausbuchtungen der Lamelle Abstandshalterfunktionen übernehmen müssen.

Die beiden Ansichten der Fig. 9 zeigen schematisch einen ganzen Rohrlamellenwärmetauscher 22, dessen Lamellen gemäß den Fig. 1, 2, 3 oder 4 gestaltet und gemäß Fig. 8 zu einem von Wärmetauscherrohren 14 getragenen Lamellenpaket zusammengefaßt sind. Die einzelnen Wärmetauscherrohre 14 sind dabei durch Umkehrbögen 24, gegebenenfalls auch unter Verwendung nicht gezeigter Sammelkästen oder in Fig. 9 angedeuteter Sammelrohre, so strömungsmäßig zusammengefaßt, daß sie teils im Kreuzstrom, teils im Kreuzgegen- und Kreuzgleichstrom zum ersten Fluid von einem gemeinsamen Eintritt 26 zu einem gemeinsamen Austritt 28 des zweiten Fluids durchströmbar sind. Die Strömungsrichtung des zweiten Fluids ist dabei durch die Pfeile 30 am Eintritt 26 und 31 am Austritt 28 bezeichnet. Ferner ist in der Stirnansicht des Rohrlamellenwärmetauschers 22 die Strömungsrichtung 2 des ersten Fluids zu erkennen. In einem Kraftfahrzeug ist der Rohrlamellenwärmetauscher 22 mittels der Befestigungslaschen 32 montierbar.

Die beschriebenen Merkmale und Eigenschaften der neuen Lamelle 1 charakterisieren zugleich auch die wesentlichen Merkmale, Eigenschaften und insbesondere auch Güteigenschaften des ein Paket der Lamellen in der beschriebenen Weise aufweisenden Rohrlamellenwärmetauschers 22.

Ansprüche

1. Lamelle (1) aus Al oder einer Al-Legierung für die gemeinsame Verrippung mehrerer Wärmetauscherrohre (14) eines Rohrlamellenwärmetauschers (22) in Kraftfahrzeugen, bei dem Umgebungsluft als erstes Wärmetauschfluid längs der Oberfläche der Lamelle (1) und ein zweites Wärmetauschfluid in den Wärmetauscherrohren (14) geführt sind, mit in Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids gewellter Ausbildung der Lamelle (1), mit in der Lamelle (1) angeformten Anschlußhülsen (4) an die Wärmetauscherrohre (14), wobei mindestens ein Wellenberg (5) zwischen zwei quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids benachbarten Anschlußhülsen (4) verläuft, und mit in Zwischenräumen zwischen den Anschlußhülsen (4) aus der gewellten Oberfläche der Lamelle (1) angeformten lokalen Luftleitprofilen,

dadurch **gekennzeichnet**, daß die Luftleitprofile mindestens überwiegend geschlossene Ausbuchtungen (6) mit geringerer Höhe als der Lamellenabstand b im Rohrlamellenwärmetauscher (22) sind, und daß die Ausbuchtungen (6) jeweils auf einer Flanke (20) der Wellung angeordnet sind.

2. Lamelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtung (6) Abstand zu beiden Enden der Flanke (20) hat.

3. Lamelle nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der maximale Durchmesser der Ausbuchtung (6) zwischen 50 % und 80 % der Flankenlänge beträgt.

4. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellung einen periodischen geradlinigen Zickzack-Verlauf hat, dessen Steigungswinkel (θ) im Bereich von 10° bis 30° liegt.

5. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß alle Ausbuchtungen (6) und alle Anschlußhülsen (4) aus derselben Seite der Lamelle (1) hervorragen.

6. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede Flanke (20) mit Ausbuchtungen (6) versehen ist.

7. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids benachbarten Anschlußhülsen (4) auf derselben Flanke (20) eine Gruppe von zwei oder mehr Ausbuchtungen (6) quer zur Strömungsrichtung des ersten Fluids angeordnet ist.

8. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Ausbuchtungen (6), die zwischen zwei quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids benachbarten Anschlußhülsen (4) liegen, einzeln oder gruppenweise in Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids fluchten.

9. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Ausbuchtungen (6), die zwischen zwei quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids benachbarten Anschlußhülsen (4) liegen, einzeln oder gruppenweise versetzt angeordnet sind.

10. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in Bereichen breiter Strömungsquerschnitte für das erste Fluid zwischen benachbarten Anschlußhülsen (4) mehr Ausbuchtungen (6) und im Bereich kleiner Strömungsquerschnitte für das erste Fluid zwischen benachbarten Anschlußhülsen (4) weniger oder keine Ausbuchtungen (6) angeordnet sind.

11. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (6) Kegelform haben.

12. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (6) Kalottenform haben.

13. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbuchtungen (6) Pyramiden-, Prismen- oder Zylinderform haben.

14. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) der Mitten benachbarter Ausbuchtungen (6) das 1 bis 3-fache, vorzugsweise das 1,3 bis 2-fache, des Durchmessers der Grundfläche der einzelnen Ausbuchtungen (6) beträgt.

15. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der einzelnen Flanken (20) der Wellung mindestens das Zweifache und höchstens das Fünffache des Lamellenabstandes (b) im Rohrlamellenwärmetauscher (22) beträgt.

16. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf jeweils eine Reihe von quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids nebeneinander liegender Anschlußhülsen (6) zwei oder drei Flanken (20) der Wellung kommen.

17. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußhülsen (4) an ihren freien Enden mit Kragen (13) versehen sind,

daß die Lamelle (1) an ihrer den Anschlußhülsen (4) abgewandten Seite mit einer komplementären ringförmigen Aufnahmemulde (3) versehen ist,

und daß die Muldenbreite ($\frac{e-h}{2}$) kleiner als die halbe Flankenlänge ist.

18. Lamelle nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstieg von der Aufnahmemulde (3) zum Wellenberg (5) nicht mehr als 20° steiler als der Steigungswinkel (θ) der Welle ist.

19. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe (f) der Ausbuchtungen (6) mindestens 15 %, maximal 80 %, vorzugsweise jedoch 30 bis 50 %, des Lamellenabstandes (b) im Rohrlamellenwärmetauscher (22) beträgt.

20. Lamelle nach einem der Ansprüche 1 bis 19, gekennzeichnet durch eine überlagerte Randwellung (12) der Lamelle im Bereich deren quer zur Strömungsrichtung (2) des ersten Fluids verlaufenden Kanten.

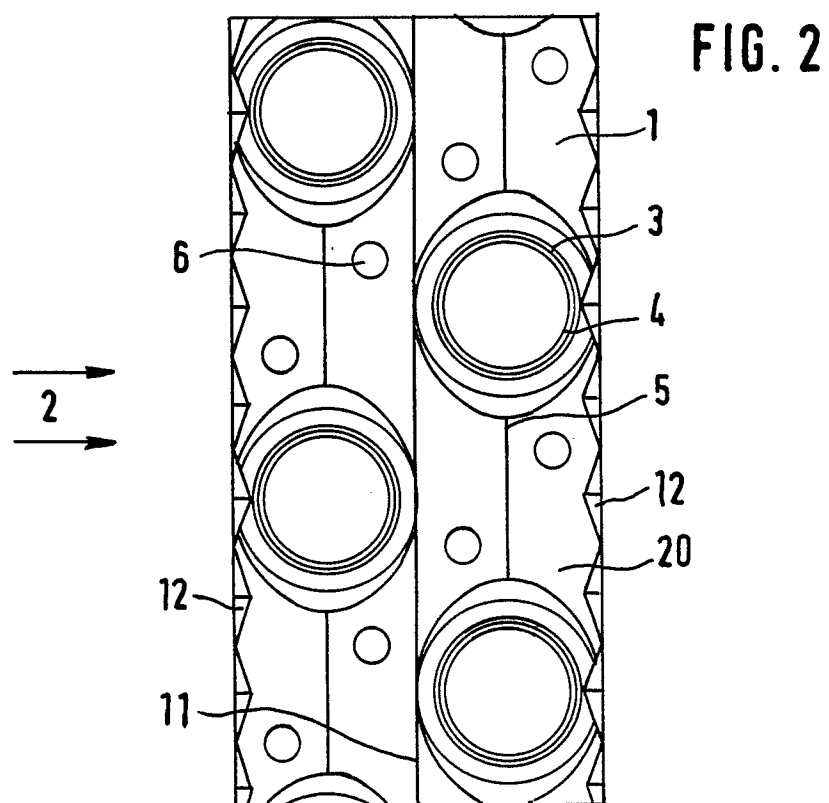
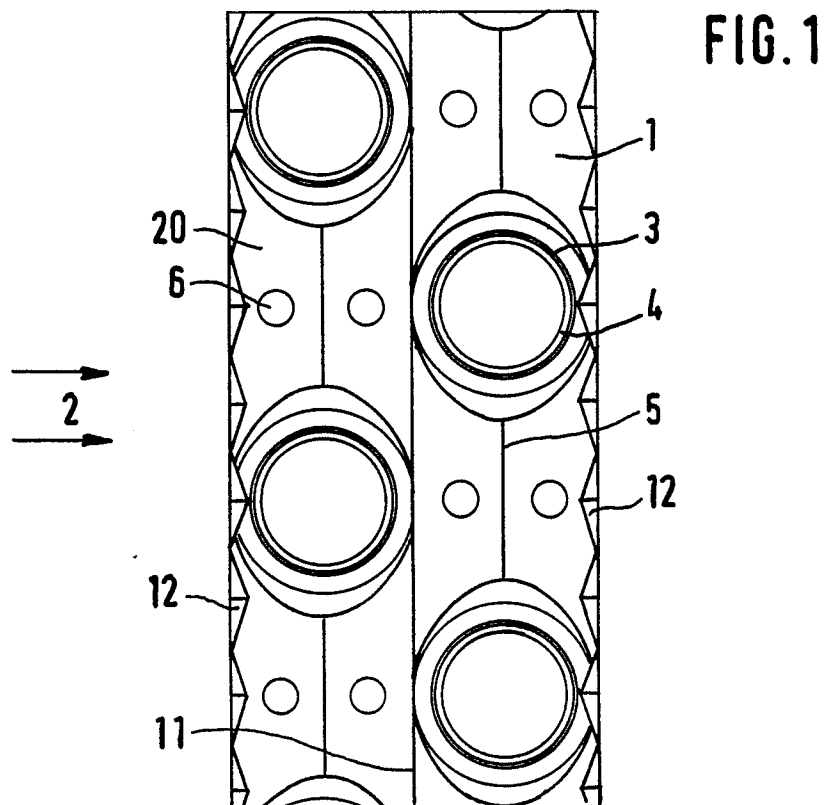


FIG. 5

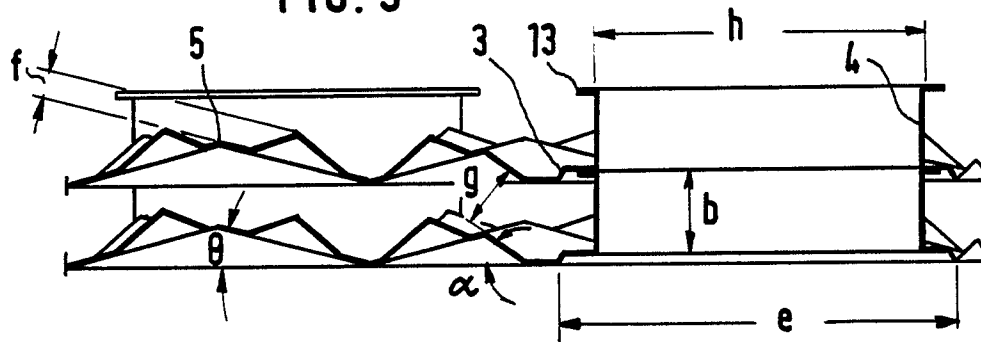


FIG. 6

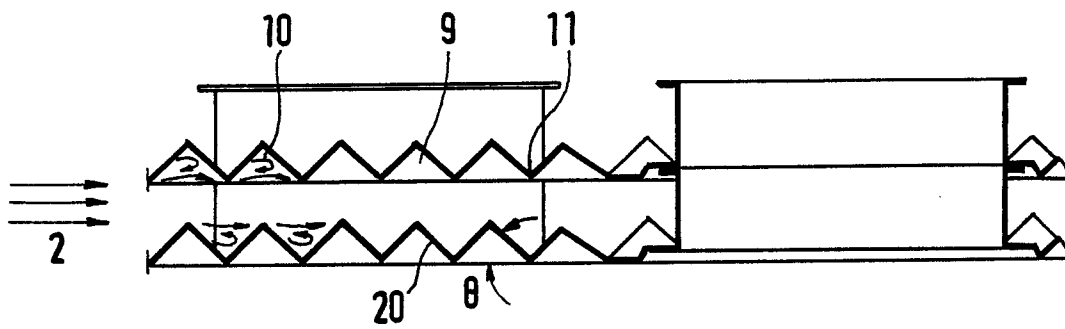


FIG. 7

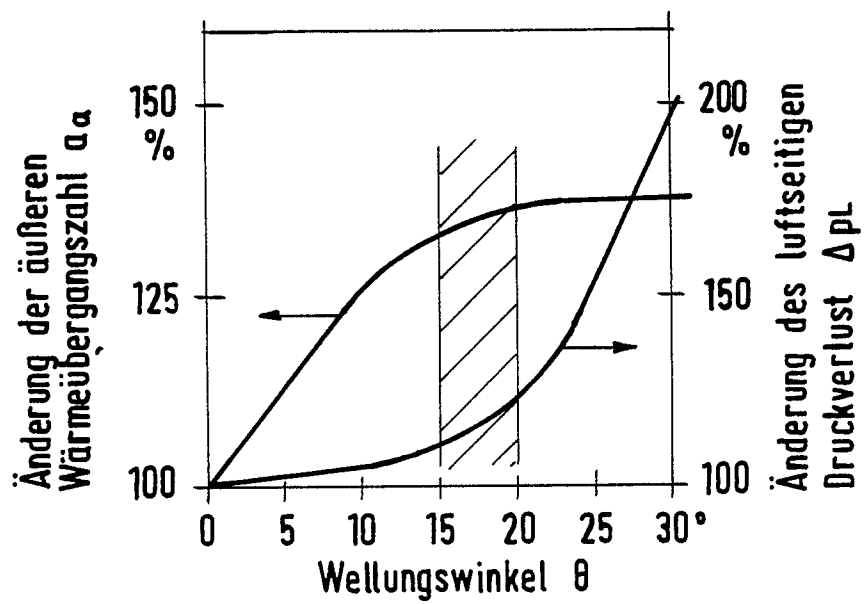


FIG. 8

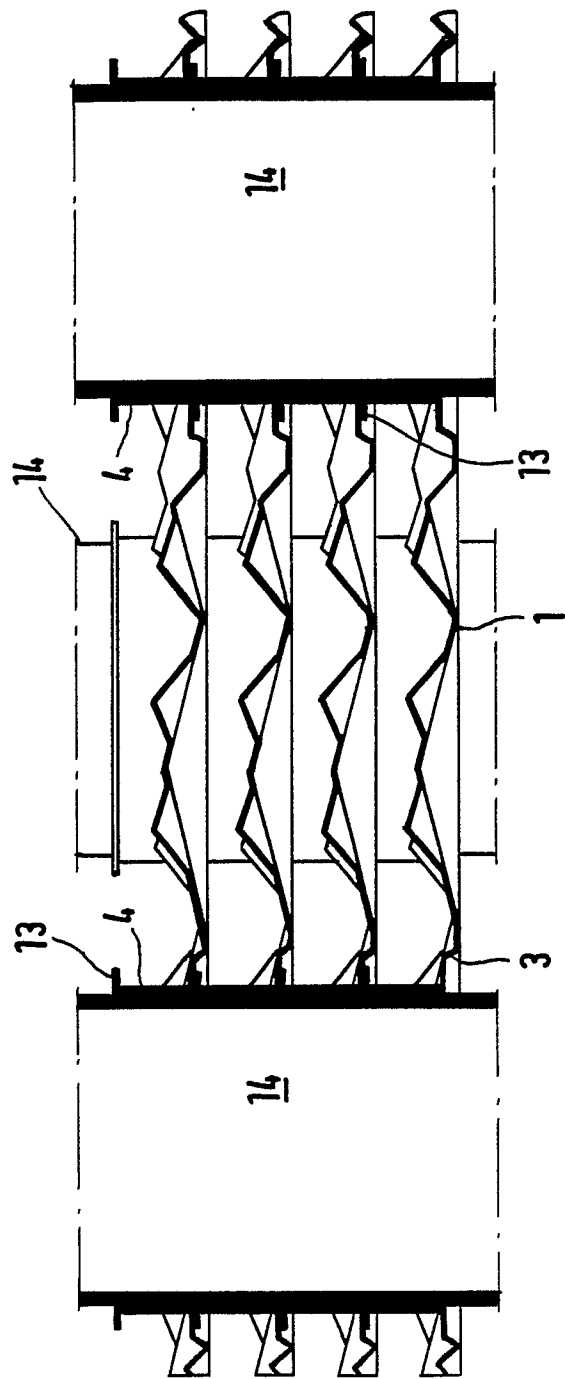
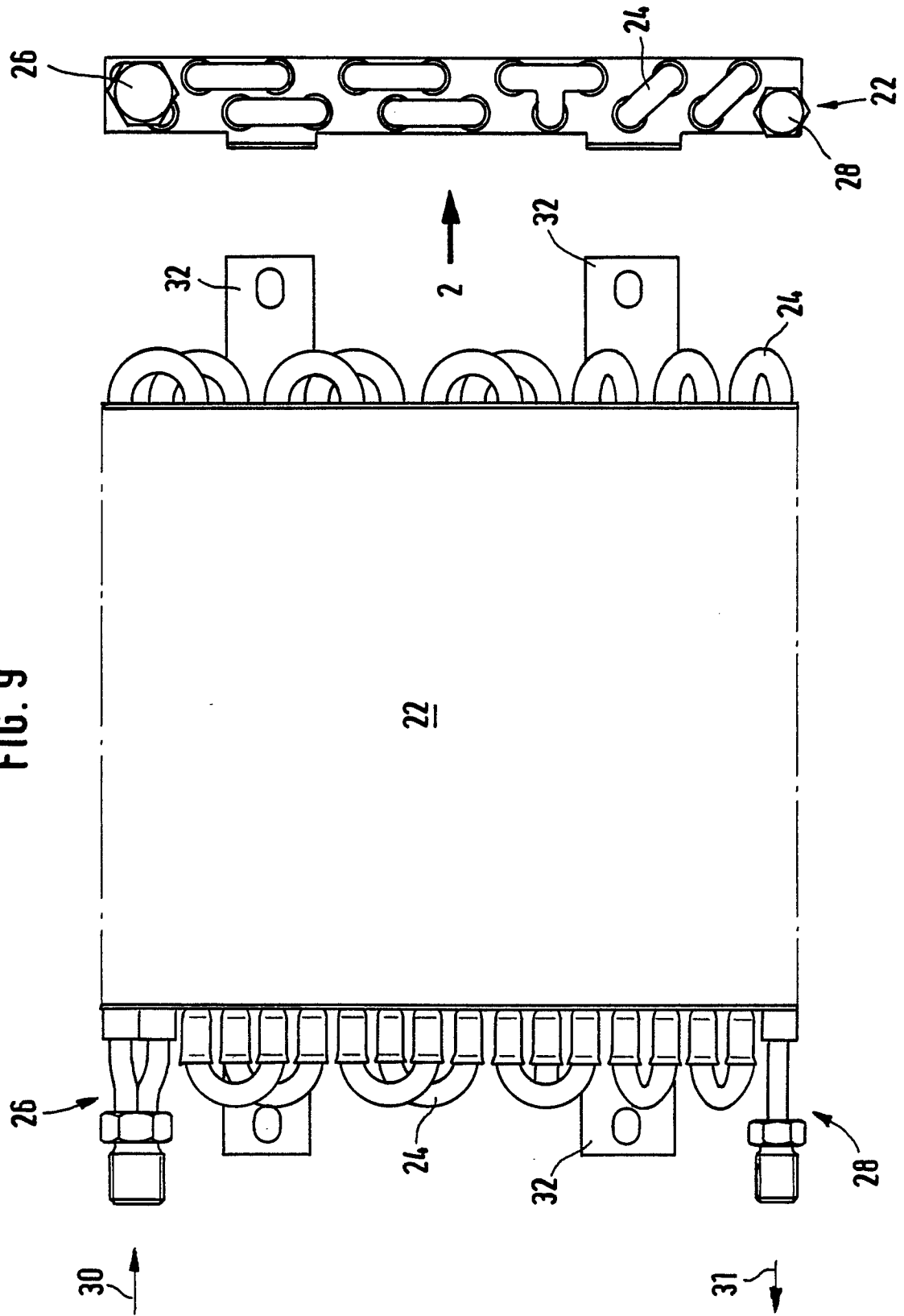


FIG. 9





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 11 5457

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
D,Y	DE-A-2 530 064 (VOLKSWAGENWERK AG) * Insgesamt * ---	1,2,3,4 ,6	F 28 F 1/32
Y	US-A-2 046 791 (PRZYBOROWSKI) * Insgesamt * ---	1,2,3,4 ,6	
A	DE-A-1 501 550 (SCHMITZ) * Insgesamt * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			F 28 F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-01-1988	Prüfer SMETS E.D.C.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ELISABETH JUNG DR. PHIL., DIPL.-CHEM.
JÜRGEN SCHIRDEWAHN DR. RER. NAT., DIPL.-PHYS.
CLAUS GERNHARDT DIPL.-ING.

PATENTANWÄLTE
EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

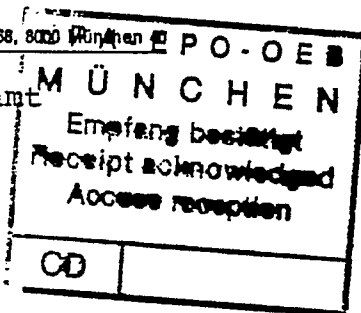
8000 MÜNCHEN 42,
P. O. BOX 40 14 68
CLEMENSSTRASSE 30
TELEFON: (089) 34 50 67
TELEGRAMM/CABLE: INVENT MÜNCHEN
TELEX: 5-29 686
TELECOPIERER (FAX): (089) 39 92 39 (GR. II/III)

23. November 1987

Dr.S/we

Jung, Schirdewahn, Gernhardt, P. O. Box 40 14 68, 8000 München

Europäisches Patentamt
Erhardtstraße 27
8000 München 2



Please make certain that our reference no.
appears in all correspondence.

T 203 M/EP

Bitte geben Sie immer unser Zeichen an.

EPA EPO-OEB
DG 1
Recu:

0 1 -12- 1987

C2

Betr.: 87 115 457.1

Re.: THERMAL-WERKE Wärme-, Kälte-, Klimatechnik GmbH

Nur

Zum Zwecke der Veröffentlichung

Unterschrift

Datum: 9/12/87

Eingangsstelle

Es wird gebeten, auf Seite 24 der Beschreibung, letzter Absatz, Zeile 7 von unten, die zitierte DE-OS 25 30 645 in DE-OS 25 30 064 richtigzustellen.

Dr. J. Schirdewahn
European Patent Attorney

BAD ORIGINAL