



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 42 241 A1** 2005.04.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 42 241.2**

(22) Anmeldetag: **11.09.2003**

(43) Offenlegungstag: **07.04.2005**

(51) Int Cl.7: **F28F 3/02**

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

(72) Erfinder:
Wölk, Gerrit, Dr.-Ing., 70180 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 197 18 064 A1

DE 102 49 451 A1

DE 102 18 912 A1

DE 102 13 136 A1

DE 101 27 084 A1

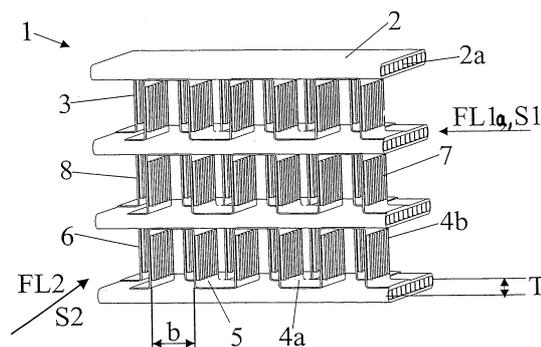
DE 101 18 625 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Wärmetauscher**

(57) Zusammenfassung: Ein Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, weist Flachrohre auf, die innen von ersten Fluiden durchströmbar sind und außen mit einem zweiten Fluid beaufschlagbar sind. Die Flachrohre sind im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids und parallel zueinander angeordnet sowie derart voneinander beabstandet, dass den Wärmetauscher durchdringende Strömungswege für das zweite Fluid ausgebildet sind, wobei in den Strömungswegen Kühlrippen angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren erstrecken. Als Kühlrippen sind mehrere in Strömungsrichtung des zweiten Fluids hintereinander angeordnete Wellrippen vorgesehen, die in Strömungsrichtung des ersten Fluids zueinander versetzt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Ein derartiger Wärmetauscher kann beispielsweise als integrierter Wärmetauscher mit einem Kondensator einer Klimaanlage und einem Kühlmittel-Kühler für Kraftfahrzeuge ausgebildet sein. Der Wärmetauscher weist üblicherweise eine Anzahl nebeneinander angeordneter, parallel zueinander verlaufender Flachrohre in mehreren Reihen auf. In diesen Flachrohrreihen fließen erste Fluide, im obigen Beispiel ein Kältemittel und ein Kühlmittel. Die Flachrohre sind an Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen und der Strömung eines zweiten Fluids, beispielsweise Umgebungsluft, ausgesetzt, um einen Wärmeübergang zwischen den Fluiden zu bewirken. Zwischen den einzelnen, voneinander beabstandeten Flachrohren sind Strömungswegen für das zweite Fluid ausgebildet.

[0003] Zur Verbesserung der Wärmeübertragung zwischen den Fluiden sind zwischen den Flachrohren an diesen befestigte Kühlrippen angeordnet. Die Oberflächen der Kühlflächen liegen bei dem aus der DE 198 13 989 A1 bekannten Wärmetauscher im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids. Dadurch wird dem zweiten Fluid ein Strömungswiderstand entgegengesetzt. Durch die Ausbildung der Kühlrippen als Strömungshindernisse soll die Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Fluids gezielt reduziert werden. Hierdurch erhöht sich einerseits die Verweilzeit des zweiten Fluids bei der Durchströmung des Wärmetauschers, das heißt die Zeit, in der das zweite Fluid Wärme von einem ersten Fluid aufnehmen beziehungsweise an dieses übertragen kann. Andererseits ist durch die geringe Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Fluids jedoch die zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid übertragbare Wärmemenge, das heißt die Wärmetauscherleistung, begrenzt.

[0004] Ein weiterer Wärmetauscher mit Kühlrippen ist beispielsweise aus der US 4,676,304 bekannt. Bei diesem Wärmetauscher liegen die Kühlrippen im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids (hier Luft). Trotz Ausbildung strömungsleitender Lamellen an den einzelnen Kühlrippen kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass Teile des den Wärmetauscher durchströmenden zweiten Fluids zwischen benachbarten Kühlrippen hindurchströmen, ohne relevante Energiemengen von diesen aufzunehmen bzw. an diese abzugeben. Dieses Problem ist insbesondere dann bedeutend, wenn der Wärmetauscher in Strömungsrichtung des zweiten Fluids geringe Abmessungen hat. In diesem Fall bewirkt ein hoher Massendurchsatz des zweiten Fluids nicht notwendigerweise eine hohe Wärmeübertra-

gungsleistung. Der zur Verfügung stehende Temperaturunterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid wird nur zu einem relativ geringen Teil genutzt.

[0005] Bei integrierten Wärmetauschern tritt häufig das Problem auf, daß über eine gemeinsame Wellrippe, das heißt über einstückig ausgebildete Wellrippen der Einzelwärmetauscher, Wärme von einem Einzelwärmetauscher auf den anderen übertritt. Um diesen unerwünschten Wärmeübergang zu reduzieren, ist beispielsweise in der EP 0 773 419 A2 vorgeschlagen, die integrierte Wellrippe eines solchen Wärmetauschers in einem Bereich zwischen den beiden Einzelwärmetauschern mit Schlitzen zu versehen. Dies hat jedoch den Nachteil, daß die Luft im Bereich des Schlitzes verwirbelt wird, wodurch sich der Strömungswiderstand und damit der Druckabfall für die Luft erhöht.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher der eingangs genannten Art mit Kühlrippen anzugeben, die strömungsgünstig gestaltet sind und zugleich eine thermische Kopplung zwischen mehreren ersten Fluiden reduzieren.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Wärmetauscher mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Hierbei weist der Wärmetauscher von ersten Fluiden durchströmbare Flachrohre auf, die außen mit einem zweiten Fluid beaufschlagbar sind und im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids derart parallel zueinander angeordnet sind, dass für das zweite Fluid Strömungswegen ausgebildet sind, in denen Kühlrippen angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren erstrecken. Die Kühlrippen sind hierbei als Wellrippen ausgebildet, wobei in Strömungsrichtung des zweiten Fluids mehrere Wellrippen hintereinander angeordnet sind und diese seitlich, das heißt in Strömungsrichtung der ersten Fluide, zueinander versetzt sind. Durch die Versetzung hintereinander angeordneter Wellrippen wird ein sehr hoher Anteil des den Wärmetauscher durchströmenden zweiten Fluids zur Wärmeübertragung genutzt. Bei Wellrippen mit Kiemen strömt gegebenenfalls insgesamt ein höherer Massenstrom des zweiten Fluids durch Kiemen, die im Bereich der für das zweite Fluid stromabwärts liegenden Seite einer Rippe angeordnet sind, als ohne den Versatz zwischen den Wellrippen. Dies bewirkt gegebenenfalls eine erhöhte Wärmeübertragungsleistung in diesem Bereich. Desweiteren wird eine Temperaturgrenzschicht, die sich gegebenenfalls an einer Rohrwand ausbildet, beeinflusst, so daß unter Umständen ein Wärmetransport von der Rohrwand auf das zweite Fluid oder umgekehrt erhöht wird. Durch die versetzte Anordnung der Wellrippen wird gleichzeitig ein unerwünschter Wärmeübertrag zwischen verschiedenen Rohrreihen über die Wellrippen reduziert, obwohl die Rippen aus einem ge-

meinsamen Band gebildet sind. Dies ist wiederum in fertigungstechnischer Sicht vorteilhaft, da mehrere hintereinander angeordnete, aus einem gemeinsamen Band gebildete, das heißt einstückige Wellrippen einfach zwischen die Rohrreihen des Wärmetauschers einsetzbar sind. Die Wellrippen einschließlich der Kiemen sind insbesondere durch Walzen aus einem Metallband herstellbar.

[0008] Eine strömungsgünstige Gestaltung der Wellrippen wird bevorzugt dadurch erreicht, dass deren Oberflächen im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids liegen, d.h. die Flächennormalen der Wellrippen im Wesentlichen einen rechten Winkel mit der Strömungsrichtung des zweiten Fluids einschließen. Trotz dieser strömungsgünstigen Ausbildung der Wellrippen ist durch den seitlichen Versatz hintereinander angeordneter Wellrippen sichergestellt, dass nur ein geringerer Anteil des zweiten Fluids ungenutzt, d.h. ohne nennenswerte Wärmeübertragung, zwischen den Flachrohren hindurchströmt als ohne einen solchen Versatz. Dieser Vorteil tritt umso deutlicher in Erscheinung, je höher der Rippenabstand b zwischen zwei Rippen ist. Vorzugsweise sind zwei oder drei gleichartig geformte Wellrippen versetzt zueinander hintereinander angeordnet. Um eine hohe Wärmeübertragungsleistung zu gewährleisten, sind die einzelnen Wellrippen vorzugsweise direkt aneinander grenzend, d.h. ohne Abstand in Strömungsrichtung des zweiten Fluids, angeordnet. Hierdurch ist eine große Wärmetauscherfläche gegeben. Alternativ hierzu kann, um den Strömungswiderstand zu reduzieren, eine beabstandete Anordnung der in diesem Fall schmalen Wellrippen vorgesehen sein.

[0009] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung weisen die Wellrippen Kiemen zur Lenkung des zweiten Fluids auf. Durch eine sich an den Kiemen ausbildende sogenannte Anlaufströmung, die in einem Bereich der Wellrippe einen hohen Temperaturgradienten aufweist, ist eine verbesserte Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid und den Wellrippen sichergestellt.

[0010] Bevorzugt sind alle Kiemen eines zwischen zwei Flachrohren eingeschlossenen Rippenabschnitts einer Wellrippe in der gleichen Richtung gegenüber der Strömungsrichtung des zweiten Fluids schräg gestellt. Eine gleichartige Schrägstellung der Kiemen innerhalb eines Rippenabschnitts hat den Vorteil, daß damit gegebenenfalls die Strömung gezielt auf einen stromabwärts liegenden Rippenabschnitt lenkbar ist.

[0011] Die Kiemen versetzt hintereinander angeordneter Rippenabschnitte sind vorzugsweise gegensinnig schräg gestellt, damit dem den Wärmetauscher durchströmenden zweiten Fluid ein längerer Strömungsweg vorgegeben wird. Die Kiemen zweier be-

nachbarter Kiemenfelder können auch gleichsinnig schräg gestellt sein, wobei es dann unter Umständen vorteilhaft ist, wenn die Kiemen eines zu den beiden zueinander benachbarten Kiemenfeldern stromaufwärts beziehungsweise -abwärts angeordneten Kiemenfeldes gegensinnig zu den Kiemen der beiden zueinander benachbarten Kiemenfelder schräggestellt sind.

[0012] Eine gleichmäßige Abdeckung des vom zweiten Fluid durchströmten Strömungsquerschnitts wird bevorzugt dadurch erreicht, daß versetzt hintereinander angeordnete Rippenabschnitte parallel zueinander verlaufen. Hierbei stehen die zueinander versetzten Rippenabschnitte bevorzugt senkrecht auf den Flachrohren. Wenn die Rippenflächen etwas (bis etwa 6 Grad) von der Parallelität abweichen, wobei sie dann im Rahmen der Erfindung noch als im Wesentlichen parallel anzusehen sind, werden dadurch die thermodynamischen Vorteile der zueinander versetzten Rippen kaum beeinträchtigt. Ebenso ist die Verwendung von sogenannten V-Rippen oder auch von beliebig abgerundeten Rippen denkbar. Die erfindungsgemäße Rippengeometrie ist insbesondere bei Krafffahrzeug-Wärmeübertragern wie Kühlmittelkühlern, Heizkörpern, Kondensatoren und Verdampfern anwendbar.

[0013] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Kiementiefe LP im Bereich von 0,7 bis 3 mm bei einem Kiemenwinkel von 20 bis 30 Grad leistungssteigernd, weil dadurch der Strömungswinkel, d.h. die Umlenkung des zweiten Fluids von einem Kanal in den benachbarten vergrößert wird, wodurch sich wiederum ein längerer Strömungsweg für das zweite Fluid ergibt. Die Rippenhöhe für ein solches System liegt vorteilhafterweise im Bereich von 4 bis 12 mm. Die Rippendichte für dieses System liegt vorteilhafterweise im Bereich von 40 bis 85 Ri/dm, was einem Rippenabstand bzw. einer Rippenteilung von 1,18 bis 2,5 mm entspricht.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

[0015] Fig. 1a,b einen Wärmetauscher mit zwei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren einer Rohrreihe,

[0016] Fig. 2a,b einen Wärmetauscher mit drei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren einer Rohrreihe,

[0017] Fig. 3 zwei aus einem einzigen Band gebildete Wellrippen,

[0018] Fig. 4 drei aus einem einzigen Band gebilde-

te Wellrippen,

[0019] Fig. 5a eine Wellrippe ohne Versatz mit zwei Kiemenfeldern im Querschnitt,

[0020] Fig. 5b eine Wellrippe ohne Versatz mit zwei Kiemenfeldern im Querschnitt,

[0021] Fig. 5c eine Wellrippe aus einem Band mit 2 Reihen im Querschnitt,

[0022] Fig. 5d eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,

[0023] Fig. 5e eine Wellrippe aus einem Band mit 4 Reihen im Querschnitt,

[0024] Fig. 5f eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

[0025] Fig. 5g eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

[0026] Fig. 5h eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

[0027] Fig. 5i eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,

[0028] Fig. 5j eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,

[0029] Fig. 5k eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,

[0030] Fig. 5l eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

[0031] Fig. 6 eine Momentaufnahme einer simulierten Luftströmung durch Wellrippen ohne Versatz,

[0032] Fig. 7 eine Momentaufnahme einer simulierten Luftströmung durch Wellrippen mit Versatz,

[0033] Fig. 8 eine Auftragung des Anteils eines durch eine Lamellenöffnung strömenden Luftmassenstroms an einem Gesamtluftmassenstrom gegen die Tiefe der Rohre bei geringer Luftanströmgeschwindigkeit,

[0034] Fig. 9 eine Auftragung des Anteils eines durch eine Lamellenöffnung strömenden Luftmassenstroms an einem Gesamtluftmassenstroms gegen die Tiefe der Rohre bei hoher Luftanströmgeschwindigkeit,

[0035] Fig. 10a,b einen Wärmetauscher mit zwei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren zweier Rohrreihen, und

[0036] Fig. 11a,b einen Wärmetauscher mit drei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren zweier Rohrreihen.

[0037] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0038] Die Fig. 1a,1b und 2a,2b zeigen ausschnittsweise einen Wärmetauscher **1** mit parallel zueinander angeordneten Flachrohren **2**, die von einem ersten Fluid FL1a in einer ersten Strömungsrichtung S1 durchströmt sind. Die Flachrohre **2** sind mit Strömungsleitelementen **2a** ausgerüstet und an (nicht dargestellte) Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen. Das Fluid FL1a ist beispielsweise eine Kühlflüssigkeit oder ein im Wärmetauscher **1** kondensierendes Kältemittel.

[0039] Zwischen zwei jeweils benachbarten Flachrohren **2** sind zwei (Fig. 1a,1b) bzw. drei (Fig. 2a,2b) Wellrippen **3** als Kühlrippen angeordnet. Ausführungsformen mit einer höheren Anzahl an Wellrippen **3** sind ebenfalls realisierbar. Die Wellrippen **3** sind mäanderförmig aus einem Blech gebogen, wobei sich jeweils ein an einem Flachrohr **2** anliegender Rippenabschnitt **4a** mit einem zwei benachbarte Flachrohre **2** verbindenden Rippenabschnitt **4b** abwechselt. Die an den Flachrohren **2** anliegenden Rippenabschnitte **4a** sind mit den Flachrohren **2** wärmeleitend verbunden, insbesondere verlötet. Die zwei benachbarte Flachrohre **2** verbindenden Rippenabschnitte **4b** stehen senkrecht auf den Flachrohren **2** und bilden Strömungswege für ein zweites Fluid FL2, beispielsweise Luft, das den Wärmetauscher **1** in Strömungsrichtung S2 durchströmt. Das zweite Fluid FL2 strömt im Wesentlichen parallel zur Oberfläche **5** der Wellrippen **3**, d.h. das zweite Fluid FL2 trifft beim Einströmen in den Wärmetauscher **1** zunächst nur auf die schmalen Stirnflächen **6** der Wellrippen **3**. Das zweite Fluid FL2 kann dadurch den Wärmetauscher **1** mit hoher Geschwindigkeit und entsprechend hohem Massendurchsatz durchströmen.

[0040] Aus den Rippenabschnitten **4b** heraus sind, wie insbesondere aus den Fig. 3, 4 hervorgeht, Kiemen **7** geformt, die sich quer zur Strömungsrichtung S2 des zweiten Fluids FL2 sowie quer zur Strömungsrichtung S1 des ersten Fluids FL1a erstrecken. Die Kiemen **7** innerhalb eines Rippenabschnitts **4b** bewirken zum einen eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und diesem Rippenabschnitt **4b**, zum anderen eine gezielte Leitung des zweiten Fluids FL2 zum in Strömungsrichtung S2 schräg dahinter angeordneten Rippenabschnitt **4b**. Auf diese Weise wird der den Wärmetauscher **1** durchströmende Massenstrom des zweiten Fluids FL2 praktisch vollständig unter hoher Ausnutzung des Temperaturunterschiedes zwischen dem ersten Fluid FL1a und dem zweiten

Fluid FL2 zur Wärmeübertragung genutzt.

[0041] Zwei zwischen zwei Flachrohren **2** hintereinander angeordnete Wellrippen **3** sind um eine halbe Breite b zwischen benachbarten Rippenabschnitten **4b** gegeneinander versetzt. Im Fall von drei hintereinander angeordneten Wellrippen **3**, wie in den **Fig. 2** und **4** dargestellt, ist alternativ auch ein Versatz von $b/3$ vorzugsweise wählbar, wobei auch andere Werte für den Versatz denkbar sind.

[0042] Zwei bzw. drei benachbarte Wellrippen **3**, die sich über die Tiefe T des Wärmetauschers **1** erstrecken, sind durch Walzen aus einem Band **8** erzeugt. Beim Walzen wird das Band **8** im Bereich des jeweiligen Versatzes zwischen den zwei (**Fig. 1a,1b, Fig. 3**) bzw. drei (**Fig. 2a,2b, Fig. 4**) Wellrippen **3** geschnitten sowie die Kiemen **7** in die Wellrippen **3** geschnitten. Ein einfacher (**Fig. 1a,1b, Fig. 3, Fig. 5c**) bzw. doppelter (**Fig. 2a,2b, Fig. 4, Fig. 5d**) Versatz bzw. Versatz höherer Ordnung (**Fig. 5e, 5f, 5g**) der Wellrippen **3** ist alternativ dazu herstellbar, indem gleichartige separate Wellrippen **3** mit einem Versatz zwischen $0,1$ mm und $b/2$ angeordnet werden, wobei b der Abstand zwischen zwei benachbarten Flachrohren **2** ist.

[0043] Die an den Flachrohren **2** anliegenden Rippenabschnitte **4a** der Wellrippen **3** weisen keine Kiemen auf. In diesem Bereich bildet sich daher eher eine laminare Strömung des Fluids FL2 aus als in den mit Kiemen **7** versehenen Rippenabschnitten **4b**, die benachbarte Flachrohre **2** verbinden. Die laminare Strömung kann mit zunehmender Lauflänge zur Bildung einer Grenzschicht mit abnehmendem Temperaturgradienten am Flachrohr **2** führen. Dieser Effekt ist jedoch auf ein unbedeutendes Maß begrenzt, indem die sich zwischen zwei benachbarten Rippenabschnitten **4b** einer Wellrippe **3** ausbildende Strömung des zweiten Fluids FL2 bereits nach der kurzen Wegstrecke $T/2$ (**Fig. 1a,1b, Fig. 3, Fig. 5c**) bzw. $T/4$ (**Fig. 2a,2b, Fig. 4, Fig. 5d**) durch die in Strömungsrichtung S_2 nachgeschaltete Wellrippe **3** gestört wird, so dass eine Zunahme der Temperaturgradienten erzeugt wird, die eine Erhöhung der Wärmeübertragung bewirkt. Auf diese Weise ist auch bei einem Wärmetauscher **1** mit geringer Tiefe T von beispielsweise **12** bis **20** mm eine hoch effektive Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und dem ersten Fluid FL1a gegeben.

[0044] **Fig. 5** zeigt Wellrippen **10a,b...** mit jeweils mehreren Kiemenfeldern in Querschnittsansicht. Beim Stand der Technik von Kühlrippen mit strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) in den einzelnen Rippen liegt üblicherweise eine Rippe zwischen zwei Rohren in Hauptströmungsrichtung des zweiten Fluids ausschließlich in einer Ebene ohne Versatz (**Fig. 5a, 5b**). Diese Kühlrippen besitzen mindestens zwei sogenannte Kiemenfelder **11, 12** beziehungs-

weise **13, 14**, die durch einen Steg unterschiedlicher Gestaltung voneinander getrennt sind. Die Ausrichtung der strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) benachbarter Kiemenfelder ist hierbei üblicherweise gegensinnig.

[0045] Gemäß der vorliegenden Erfindung sind vorzugsweise zwei, drei oder auch mehr gleichartig geformte Wellrippen (Kühlrippen) versetzt zueinander hintereinander angeordnet, d.h. die eine Wellrippe mit strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) kann in mehreren Ebenen versetzt zueinander liegen. Dabei kann die Anzahl der Wellrippen, die in Strömungsrichtung des zweiten Fluids betrachtet hintereinander angeordnet sind, in Abhängigkeit von der Tiefe des Wärmetauschers und/oder der Tiefe der Wellrippen gewählt werden. Dabei können bei einer Bautiefe von **12** bis **18** mm beispielsweise **2, 3** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **24** mm können beispielsweise **2, 3, 4** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **30** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **36** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **42** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6, 7** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **48** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **54** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **60** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis **66** mm können beispielsweise **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11** oder mehr Reihen Verwendung finden.

[0046] Ein Ausführungsbeispiel für **2** Reihen **15** und **16** zeigt **Fig. 5c** in einer Querschnittsansicht.

[0047] Ein Ausführungsbeispiel für **3** Reihen **17, 18** und **19** zeigt **Fig. 5d** in einer Querschnittsansicht.

[0048] Ein Ausführungsbeispiel für **4** Reihen **20, 21, 22** und **23** zeigt **Fig. 5e** in einer Querschnittsansicht.

[0049] Ein Ausführungsbeispiel für **5** Reihen **24, 25, 26, 27** und **28** zeigt **Fig. 5f** in einer Querschnittsansicht.

[0050] Ein Ausführungsbeispiel für **5** Reihen **29, 30, 31, 32** und **33** zeigt **Fig. 5g** in einer Querschnittsansicht.

[0051] Ein Ausführungsbeispiel für **5** Reihen **34, 35, 36, 37** und **38** zeigt **Fig. 5h** in einer Querschnittsansicht.

[0052] Mehr als zwei zueinander versetzte Reihen können vorzugsweise auf insgesamt zwei zueinan-

der versetzte Ebenen verteilt sein wie bei den Ausführungsformen in den **Fig. 5d, 5e und 5g**. Sie können aber auch auf drei oder mehr verschiedene Ebenen verteilt sein wie bei den Ausführungsformen in den **Fig. 5f und 5h**, wobei die Abstände zwischen jeweils zwei Ebenen gleich oder verschieden sein können.

[0053] Alternativ kann auch nur der Bereich **41** beziehungsweise **44** zwischen zwei in einer Ebene liegenden Kiemenfeldern **39, 40** beziehungsweise **42, 43** gegenüber den Kiemenfeldern **39, 40** beziehungsweise **42, 43** versetzt sein (**Fig. 5i und 5j**). In dem Bereich **41** beziehungsweise **44** weist die Wellrippe **10i** beziehungsweise **10j** keine Kieme auf. Auch diese Ausgestaltung bewirkt eine Beeinflussung der Temperaturgrenzschicht an den Rohrwänden und/oder eine verbesserte Durchströmung der Lamellen.

[0054] Ebenso können die Kiemenfelder **45, 46, 47** der Wellrippe **10k** unterschiedlich groß sein (**Fig. 5k**). Hierbei ist beispielsweise eine Zuordnung der Kiemenfelder **45, 46** einer ersten Rohrreihe sowie des Kiemenfeldes **47** einer zweiten Rohrreihe vorteilhaft, da durch den Versatz **49** zwischen den Kiemenfeldern **46** und **47** eine thermische Verbindung zwischen den Rohrreihen unterdrückt wird.

[0055] Auch eine Kombination von verschieden großen Kiemenfeldern **65, 66, 67, 68, 69** in verschiedenen Ebenen ist wie bei der Wellrippe **10l** möglich (**Fig. 5l**).

[0056] Die Anzahl der Kiemen pro Reihe liegt beispielsweise zwischen 2 und 30 Kiemen in Abhängigkeit der Anzahl der Reihen und der Tiefe des Wärmetauschers. Vorzugsweise ist die Anzahl der Kiemen pro Kiemenfeld aus fertigungstechnischen Gesichtspunkten bei ungerader Anzahl an Reihen, d.h. bei 3, 5, 7, 9 oder 11 Reihen nicht identisch. Bei gerader Anzahl an Reihen kann die Anzahl der Kiemen pro Kiemenfeld identisch sein, wobei dies nicht notwendig ist.

[0057] Im folgenden (**Fig. 6 bis 9**) wird eine Simulation einer Luftdurchströmung durch einen Wärmetauscher mit drei unterschiedlichen Konfigurationen der Wellrippen erläutert.

[0058] Die Simulation erfolgt unter folgenden Bedingungen: Rohrwandtemperatur = 60 °C; Lufteintrittstemperatur = 45 °C; Luftdichte = 1,097 kg/m³; Lufteintrittsgeschwindigkeit $v_L = 1$ und 3 m/s; Rippenhöhe = 8 mm; Rippentiefe = 16 mm. Bei der Simulation wird zum einen als Basis eine Wellrippe in einer Reihe, d.h. ohne Versatz, bestehend aus einer Reihe mit zwei Kiemenfeldern, die durch einen Steg in Dachform voneinander getrennt sind, betrachtet (Stand der Technik). Desweiteren wird eine Wellrippe mit 2 Reihen und eine Wellrippe mit 3 Reihen betrachtet.

Die Simulation bestimmt neben dem luftseitigen Druckabfall den Massenstrom durch die einzelnen Lamellenöffnungen sowie die Abstrahlleistung von dem Rohr zur Kühlluft.

[0059] **Fig. 6** zeigt das Strömungsfeld der Luft bei einer Lufteintrittsgeschwindigkeit v_{Luft} von 3 m/s in einen Wärmetauscher **51** mit Wellrippen **52, 53** unter den oben beschriebenen Randbedingungen im Bereich zwischen zwei Kiemenfeldern **54, 55** beziehungsweise **56, 57**. Die Stege **58** beziehungsweise **59** zwischen jeweils zwei Kiemenfeldern besitzen hierbei eine Dachform. Die Pfeile **60** zeigen den Hauptströmungsweg der Luftteilchen, die durch die letzte Lamellenöffnung **61** vor dem Steg **59** hindurchströmen, anschließend eine Strömungsumlenkung erfahren und durch die Lamellenöffnungen **62, 63** im angrenzenden Kiemenfeld **57** strömen. Der Figur ist zu entnehmen, daß erst die zweite Lamellenöffnung **62** des Kiemenfeldes **57** wieder durch eine höhere Anzahl an Luftteilchen durchströmt wird, wobei erst das Geschwindigkeitsfeld durch die dritte Lamellenöffnung **63** wieder annähernd dem Geschwindigkeitsfeld im vorherigen Kiemenfeld **56** entspricht.

[0060] **Fig. 7** zeigt das Strömungsfeld der Luft bei einer Lufteintrittsgeschwindigkeit v_{Luft} von 3 m/s in einen Wärmetauscher **71** mit Wellrippen **72, 73** unter den oben beschriebenen Randbedingungen im Bereich einer Versatzstelle **74** beziehungsweise **75** zwischen jeweils zwei Kiemenfeldern **76, 77** beziehungsweise **78, 79**. Die Pfeile **80** zeigen den Hauptströmungsweg der Luftteilchen vor dem Versatz **75**, zum einen durch die letzte Lamellenöffnung **81** vor dem Versatz und zum anderen durch die Versatzöffnung **75**. Die Luftteilchen erfahren nach der Durchströmung der Versatzöffnung **75** eine Strömungsumlenkung, wobei die Luftteilchen, die durch die Versatzöffnung hindurchströmen, anschließend hauptsächlich durch die erste und zweite Lamellenöffnung **82, 83** des angrenzenden Kiemenfeldes **79** strömen. Die Luftteilchen, die durch die letzte Lamellenöffnung **81** vor dem Versatz hindurchströmen, strömen, nachdem sie ebenfalls eine Strömungsumlenkung erfahren haben, hauptsächlich durch die dritte Lamellenöffnung **84** des nachfolgenden Kiemenfeldes **79**.

[0061] **Fig. 8 und Fig. 9** zeigen eine Kurvendarstellung des Verhältnisses des Massenstroms m_{Kieme} durch die jeweilige Kiemenöffnung (Lamellenöffnung) zum halben Gesamtmassenstrom $\frac{1}{2}m_{ges}$ der Luft als Fluid FL2 für die drei unterschiedlichen Wellrippenkonfigurationen bei einer Luftanströmungsgeschwindigkeit von $v_{Luft} = 1$ m/s (**Fig. 8**) und $v_{Luft} = 3$ m/s (**Fig. 9**) unter den oben beschriebenen Randbedingungen, aufgetragen gegen die Tiefe der Rohre beziehungsweise des Wärmetauschers. Nicht gezeigt ist der prozentuale Massenstrom durch die Öffnung an der Versatzstelle.

[0062] Wie aus **Fig. 8** hervorgeht, liegt der prozentuale Luftmassenstrom bei den beiden Wellrippenkonfigurationen mit zwei bzw. drei Reihen (eine bzw. zwei Versatzstellen) immer oberhalb von 9 %, wohingegen bei Wellrippen in einer Ebene/Reihe der Luftmassenstrom bei den beiden Lamellenöffnungen im Anschluß an den Stegbereich auf unter 8 % mit einem Minimum von etwa 4 % abfällt. Fällt der Luftmassenstrom bei der Wellrippe bestehend aus einer Ebene bei der Lamellenöffnung vor dem Stegbereich von etwa 12 % auf etwa 10 % ab, so nimmt bei der Wellrippe bestehend aus zwei Ebenen/Reihen hier der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle von etwa 12 auf etwa 13% zu. Im Anschluß an die Versatzstelle erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 10 % beaufschlagt. Bei der Wellrippe bestehend aus drei Reihen nimmt der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle ebenfalls auf etwa 13% zu. Im Anschluß an die Versatzstellen erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird jeweils nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 10–11 beaufschlagt.

[0063] Wie aus **Fig. 9** hervorgeht, liegt der prozentuale Luftmassenstrom bei den beiden Wellrippenkonfigurationen mit zwei bzw. drei Reihen (eine bzw. zwei Versatzstellen) immer oberhalb von 12 %, wohingegen bei Wellrippen in einer Ebene/Reihe der Luftmassenstrom bei den beiden Lamellenöffnungen im Anschluß an den Stegbereich auf unter 11 % mit einem Minimum von etwa 4,5 % abfällt. Fällt der Luftmassenstrom bei der Wellrippe bestehend aus einer Ebene bei der Lamellenöffnung vor dem Stegbereich von etwa 16,5 % auf etwa 15 % ab, so nimmt bei der Wellrippe bestehend aus zwei Ebenen/Reihen hier der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle von etwa 16,5 auf etwa 18% zu. Im Anschluß an die Versatzstelle erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 14 % beaufschlagt. Bei der Wellrippe bestehend aus drei Reihen nimmt der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle ebenfalls auf etwa 18–19% zu. Im Anschluß an die Versatzstellen erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird jeweils nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 14 % beaufschlagt.

[0064] Die **Fig. 10a,b** und **11a,b** zeigen jeweils ausschnittsweise einen Wärmetauscher **1** mit in zwei Reihen **1a,b** parallel zueinander angeordneten Flachrohren **2**, die von ersten Fluiden FL1a,b in einer ersten Strömungsrichtung S1 durchströmt sind. Ebenso ist eine gegensinnige Durchströmung denkbar. Die Flachrohre **2** sind an (nicht dargestellte)

Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen. Die Fluide FL1a,b sind beispielsweise eine Kühlflüssigkeit und ein im Wärmetauscher **1** kondensierendes Kältemittel. Es kann sich genauso gut um zwei identische Fluide innerhalb eines zwei- oder mehrreihigen Wärmetauschers **1** handeln.

[0065] Zwischen zwei jeweils benachbarten Flachrohren **2** sind zwei (**Fig. 10a,b**) bzw. drei (**Fig. 11a,b**) Wellrippen **3** als Kühlrippen angeordnet. Ausführungsformen mit einer höheren Anzahl an Wellrippen **3** sind ebenfalls realisierbar. Die Wellrippen **3** sind mäanderförmig aus einem Blech gebogen, wobei sich jeweils ein an einem Flachrohr **2** anliegender Rippenabschnitt **4a** mit einem zwei benachbarte Flachrohre **2** verbindenden Rippenabschnitt **4b** abwechselt. Die an den Flachrohren **2** anliegenden Rippenabschnitte **4a** sind mit den Flachrohren **2** wärmeleitend verbunden, insbesondere verlötet. Die zwei benachbarte Flachrohre **2** verbindenden Rippenabschnitte **4b** stehen senkrecht auf den Flachrohren **2** und bilden Strömungswege für ein zweites Fluid FL2, beispielsweise Luft, das den Wärmetauscher **1** in Strömungsrichtung S2 durchströmt. Das zweite Fluid FL2 strömt im Wesentlichen parallel zur Oberfläche der Wellrippen **3**, d.h. das zweite Fluid FL2 trifft beim Einströmen in den Wärmetauscher **1** zunächst nur auf die schmalen Stirnflächen **6** der Wellrippen **3**. Das zweite Fluid FL2 kann dadurch den Wärmetauscher **1** mit hoher Geschwindigkeit und entsprechend hohem Massendurchsatz durchströmen.

[0066] Aus den Rippenabschnitten **4b** heraus sind Kiemen **7** geformt, die sich quer zur Strömungsrichtung S2 des zweiten Fluids FL2 sowie quer zur Strömungsrichtung S1 der ersten Fluide FL1 a,b erstrecken. Die Kiemen **7** innerhalb eines Rippenabschnitts **4b** bewirken zum einen eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und diesem Rippenabschnitt **4b**, zum anderen eine gezielte Leitung des zweiten Fluids FL2 zum in Strömungsrichtung S2 schräg dahinter angeordneten Rippenabschnitt **4b**. Auf diese Weise wird der den Wärmetauscher **1** durchströmende Massenstrom des zweiten Fluids FL2 praktisch vollständig unter hoher Ausnutzung des Temperaturunterschiedes zwischen den ersten Fluiden FL1a,b und dem zweiten Fluid FL2 zur Wärmeübertragung genutzt.

[0067] Zwei zwischen zwei Flachrohren **2** hintereinander angeordnete Wellrippen **3** sind gegeneinander versetzt. Die Herstellung dieser versetzten, einstückig ausgebildeten Wellrippen geschieht beispielsweise wie zu **Fig. 1a,b** erläutert.

[0068] In dem in den **Fig. 10b, 11b** vergrößert dargestellten Zwischenbereich **9** zwischen den Flachrohrreihen **1a,b** sind die Wellrippen **3** gegeneinander versetzt. Aufgrund der einstückigen Ausbildung sind die Wellrippen **3** verschiedener Rohrreihen über

schmale Stege **9a** im Bereich der an den Flachrohren **2** anliegenden Rippenabschnitte **4a** miteinander verbunden. Da diese Stege **9a** die einzige wärmeleitende Verbindung zwischen den Rohrreihen **1a,b** darstellen, ist ein Wärmeübertrag von einer Rohrreihe auf die andere effektiv unterdrückt.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit Flachrohren (**2**), die innen von ersten Fluiden (FL1a, FL1b) durchströmbar sind, die außen mit einem zweiten Fluid (FL2) beaufschlagbar sind, die im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluids (FL2) und parallel zueinander in zumindest zwei Reihen angeordnet sind, wobei jedem ersten Fluid zumindest eine Rohrreihe zugeordnet ist, wobei die Flachrohre einer Rohrreihe voneinander beabstandet sind und dabei den Wärmetauscher durchdringende Strömungswege für das zweite Fluid (FL2) ausbilden, wobei in den Strömungswegen Kühlrippen angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren (**2**) erstrecken, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Kühlrippen mehrere in Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluids (FL2) hintereinander angeordnete Wellrippen (**3**) vorgesehen sind, die zueinander seitlich versetzt sind, und dass mehrere hintereinander angeordnete Wellrippen (**3**) aus einem gemeinsamen Band (**8**) gebildet sind.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen (**5**) der Wellrippen (**3**) im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluid (FL2) angeordnet sind.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere versetzt zueinander angeordneten Wellrippen (**3**) gleichartig geformt sind.

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Wellrippen (**3**) Kiemen (**7**) zur Lenkung des zweiten Fluids (FL2) aufweist.

5. Wärmetauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass alle Kiemen (**7**) eines von zwei Flachrohren (**2**) begrenzten Rippenabschnitts (**4b**) gleichsinnig gegenüber der Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluids (FL2) schräg gestellt sind.

6. Wärmetauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kiemen (**7**) zweier versetzt hintereinander angeordneter Rippenabschnitte (**4b**) gleichsinnig schräg gestellt sind.

7. Wärmetauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kiemen (**7**) zweier versetzt hintereinander angeordneter Rippenabschnitte (**4b**)

gegenseitig schräg gestellt sind.

8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwei versetzt hintereinander angeordnete Rippenabschnitte (**4b**) im wesentlichen parallel zueinander sind.

9. Wärmetauscher nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Rippenabschnitte (**4b**) im wesentlichen senkrecht zu den Flachrohren (**2**) angeordnet sind.

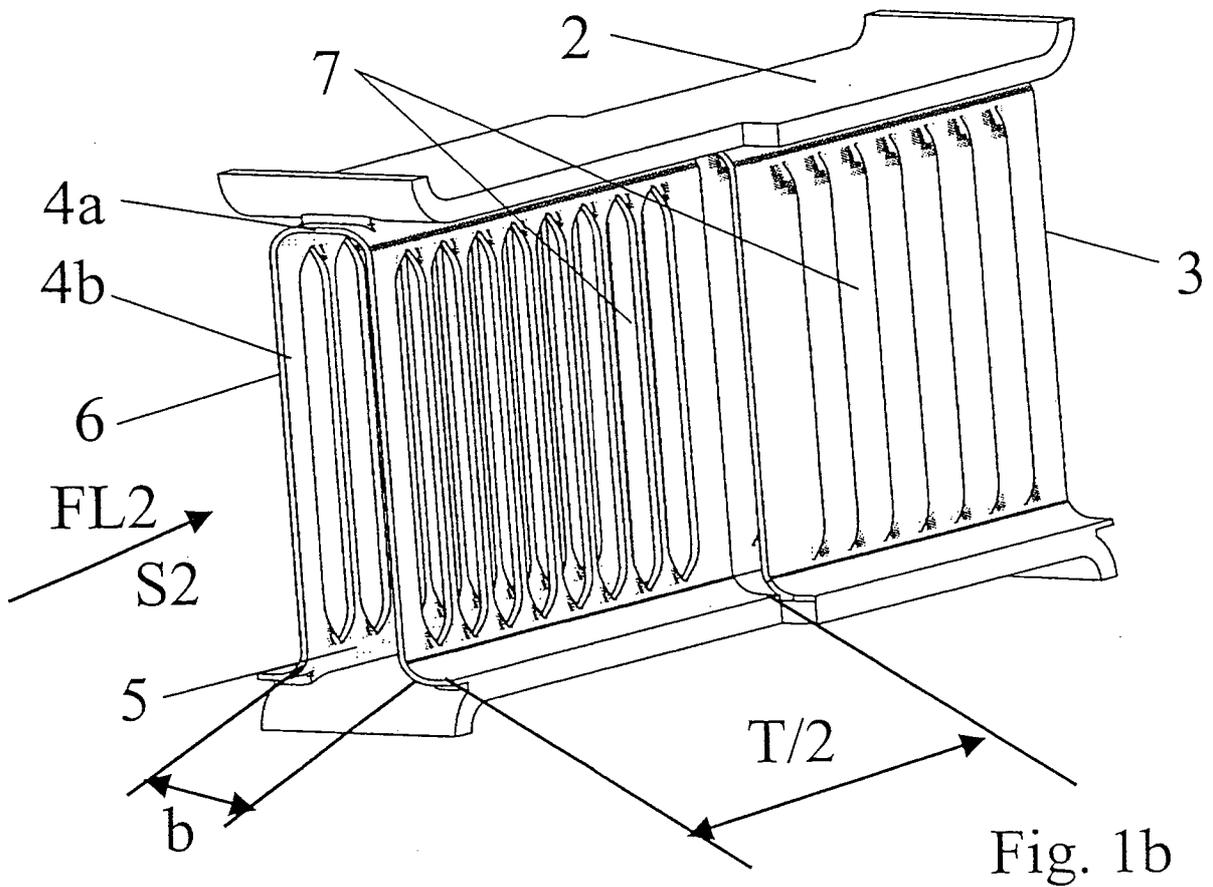
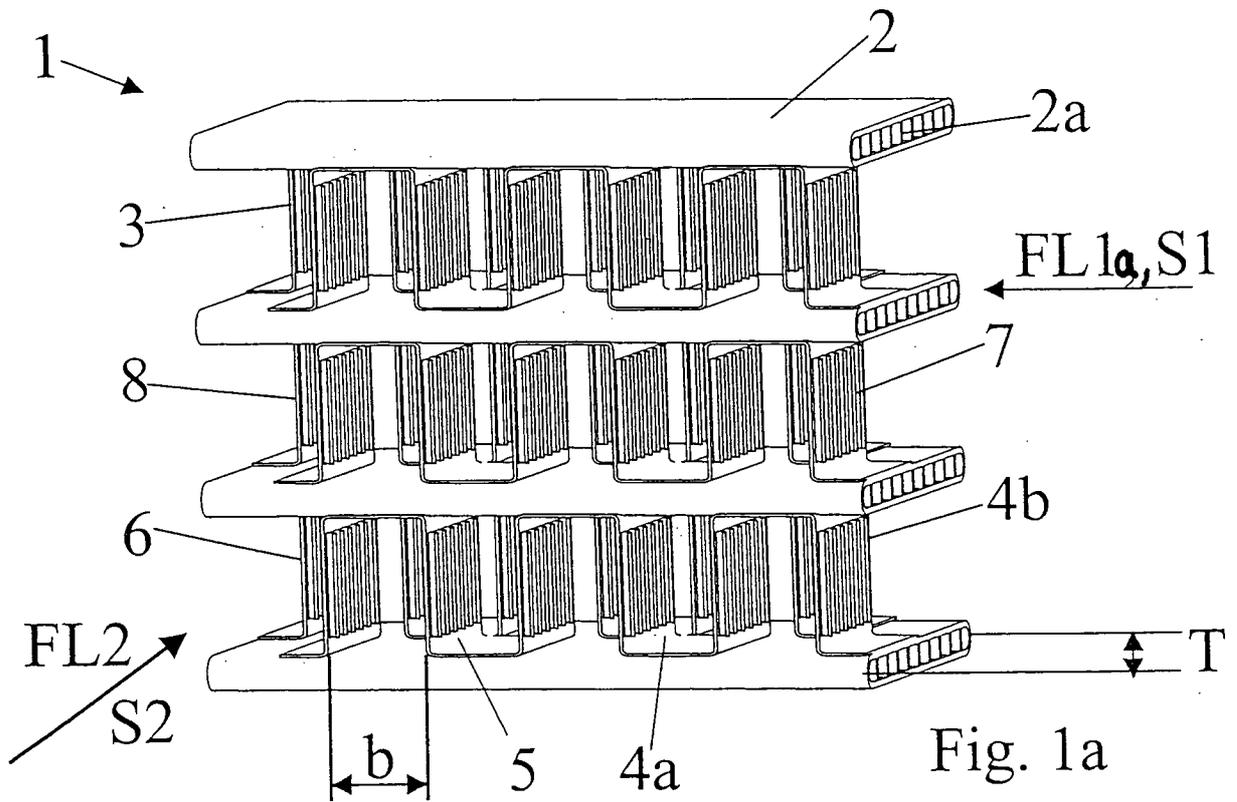
10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellrippen (**3**) in Hauptströmungsrichtung des zweiten Fluids eine gleiche oder ähnliche Ausdehnung besitzen.

11. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Rohrreihen von verschiedenen Fluiden durchströmt werden.

12. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Rohrreihen von einem Fluid durchströmt werden.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



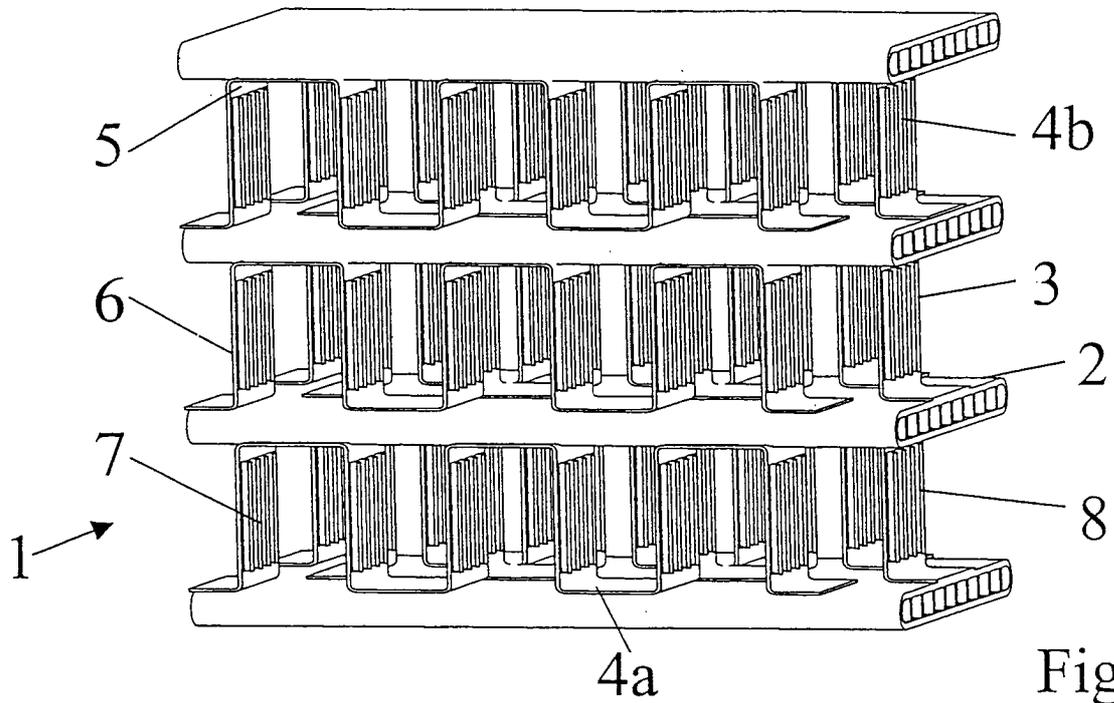


Fig. 2a

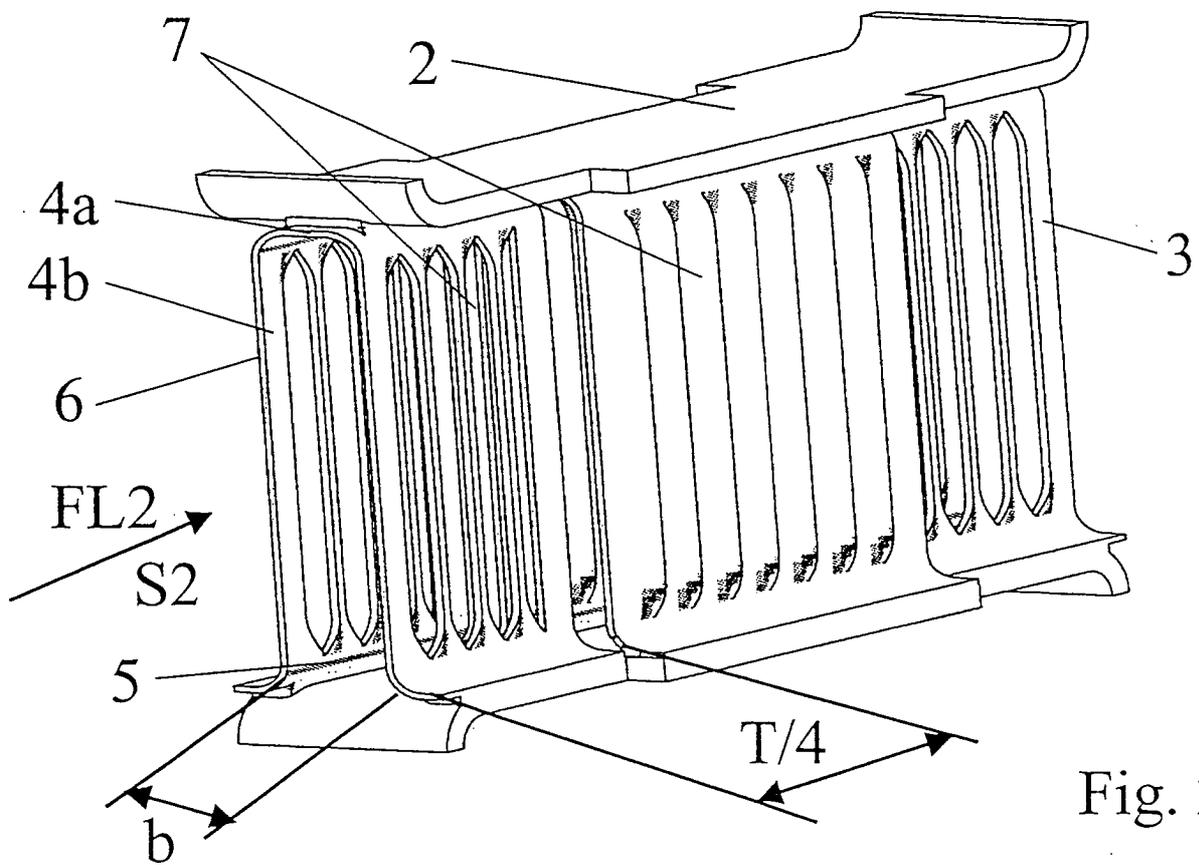


Fig. 2b

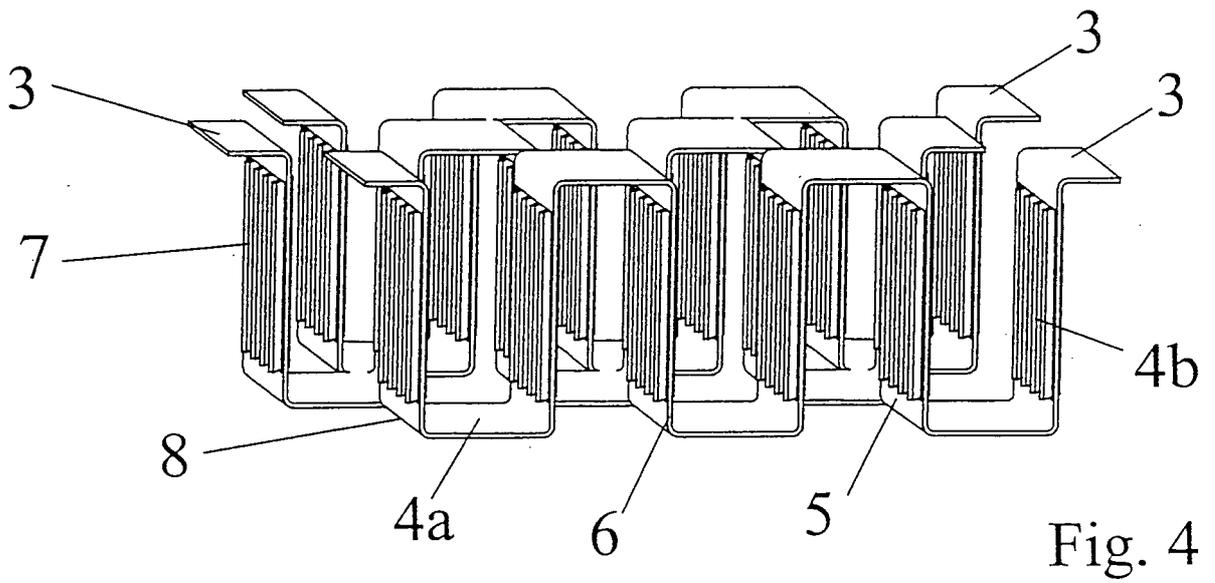
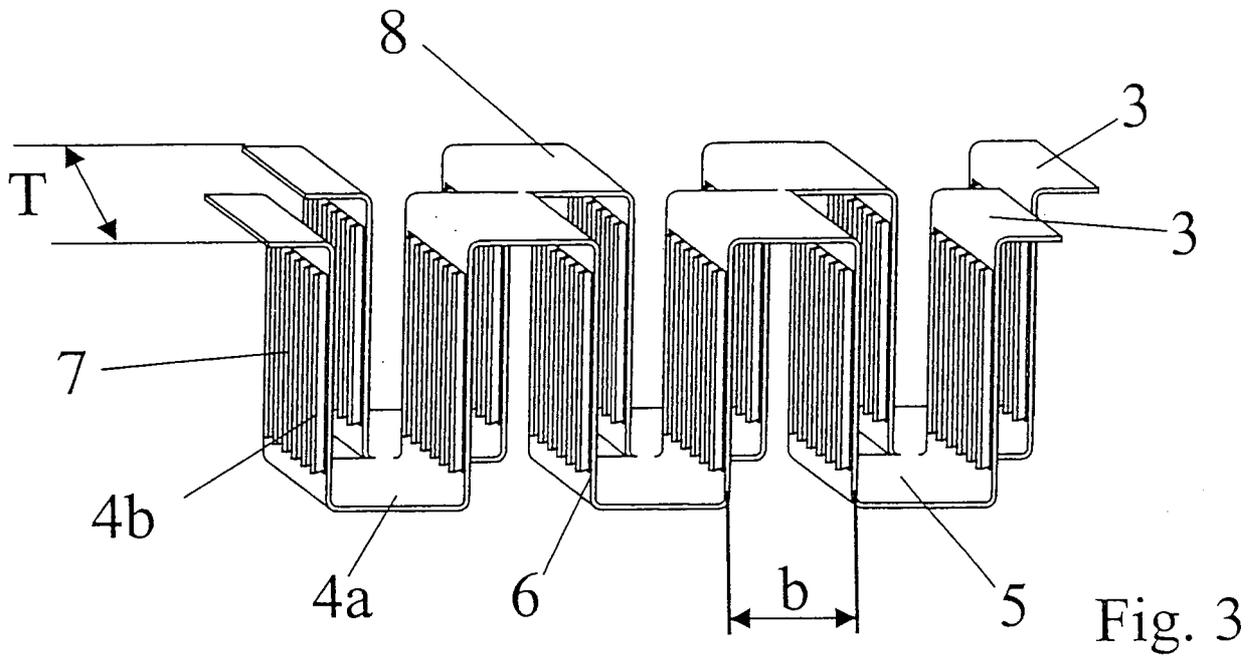
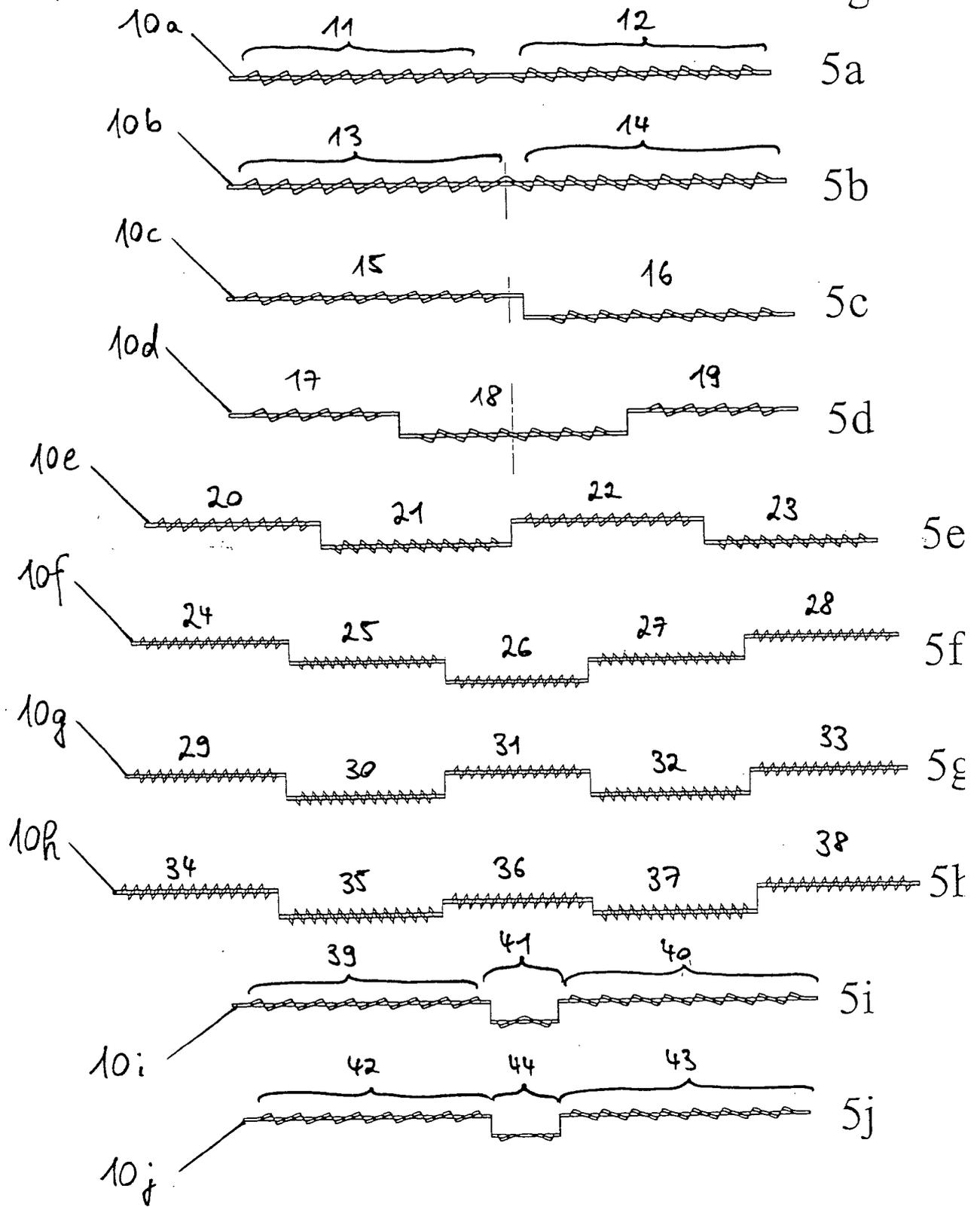


Fig.



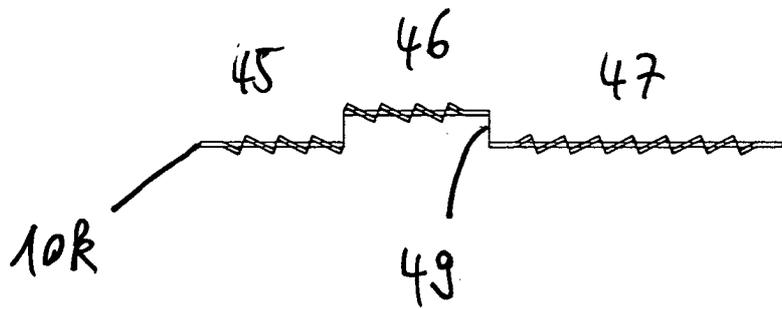


Fig. 5R

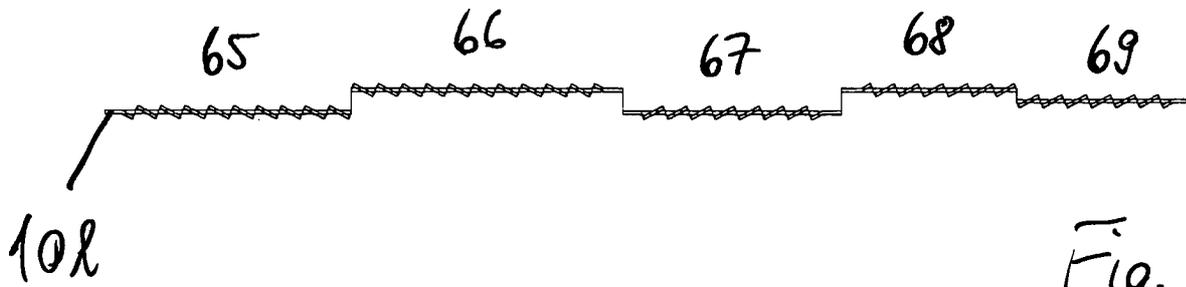
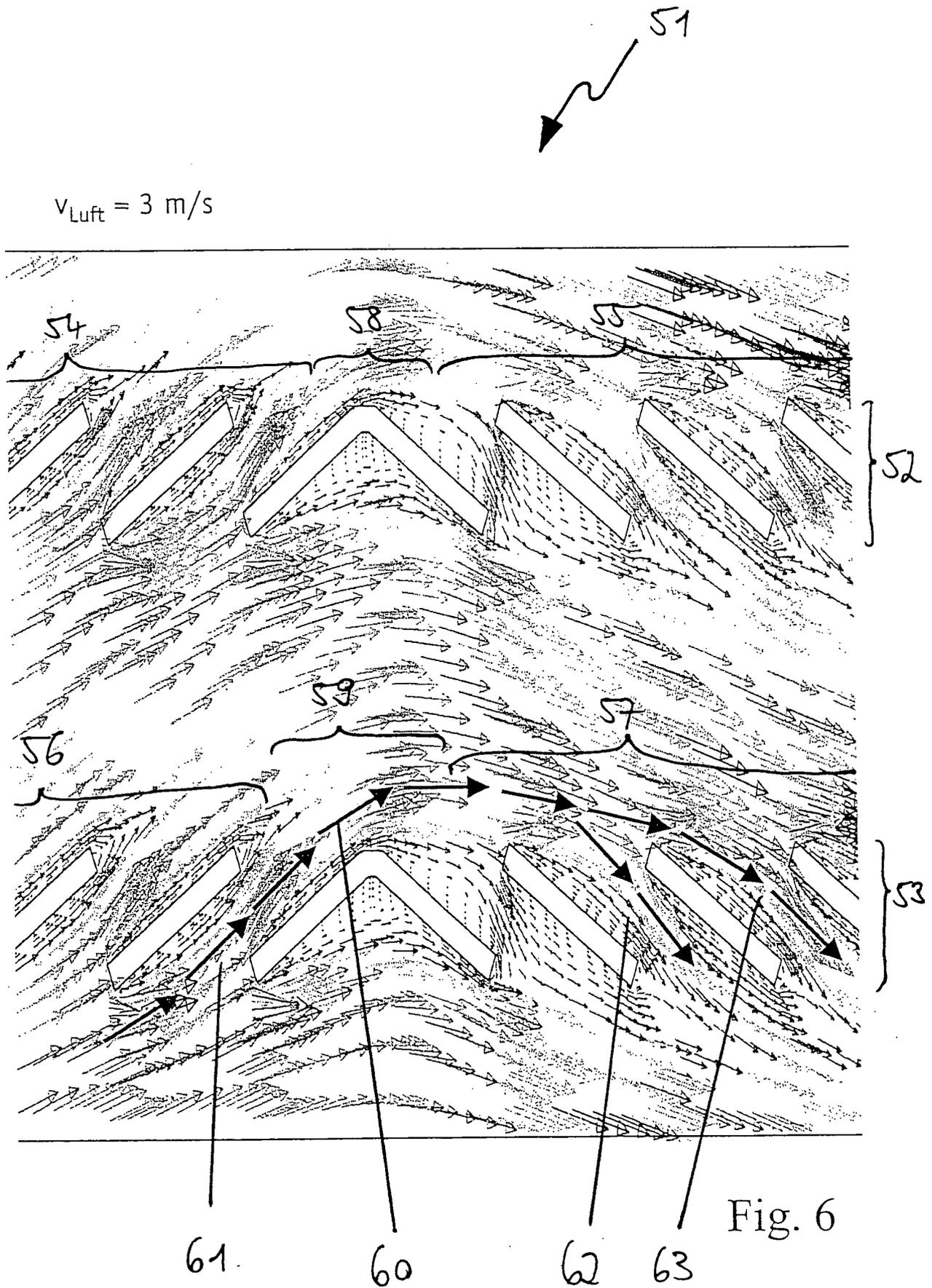
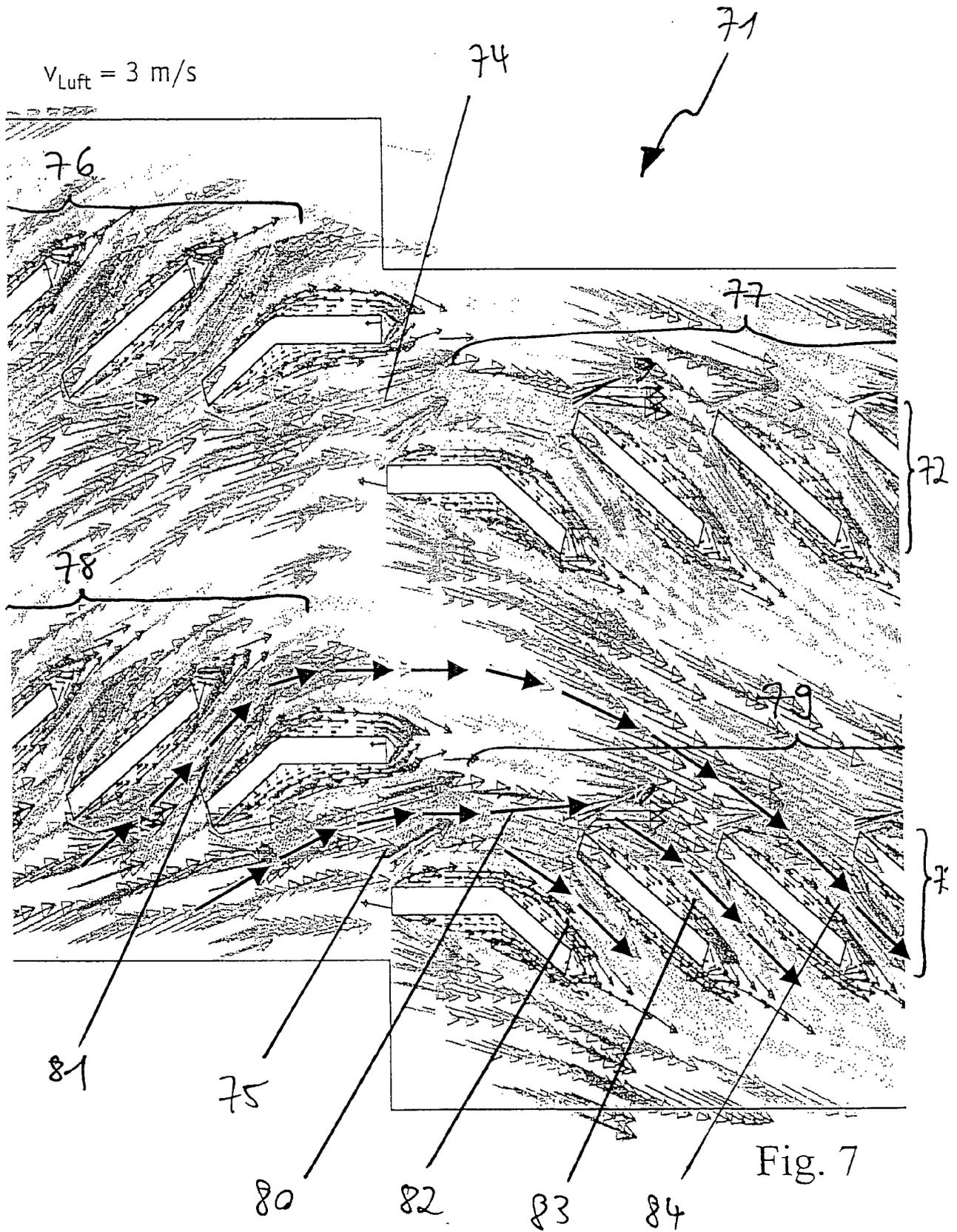


Fig. 5L





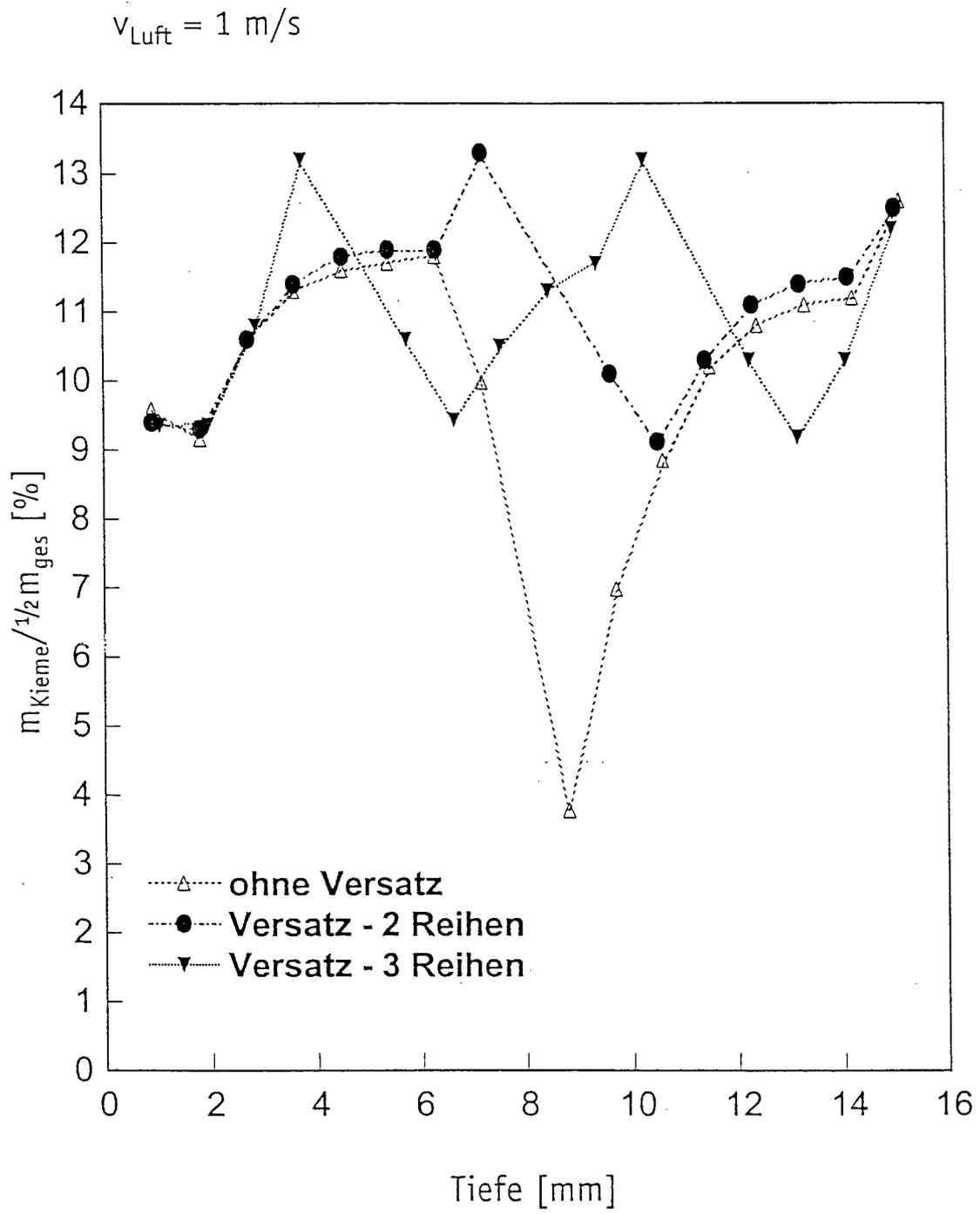


Fig. 8

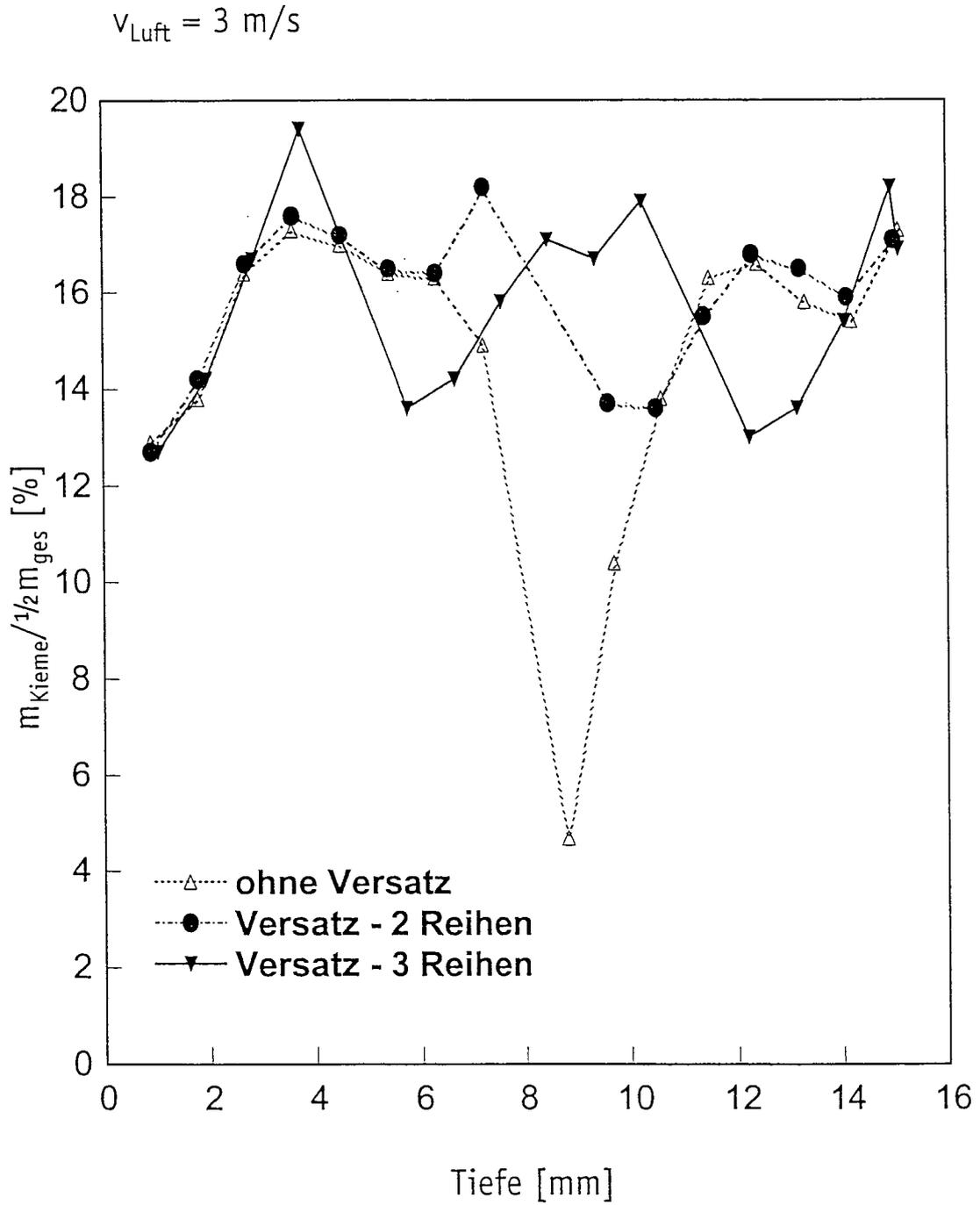


Fig. 9

