

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **90102376.2**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F28D 7/08**

(22) Anmeldetag: **07.02.90**

(30) Priorität: **11.02.89 DE 3904140**

**D-8000 München 50(DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.08.90 Patentblatt 90/34**

(72) Erfinder: **Hagemeister, Klaus**  
**Manzostrasse 28b**  
**D-8000 München 50(DE)**

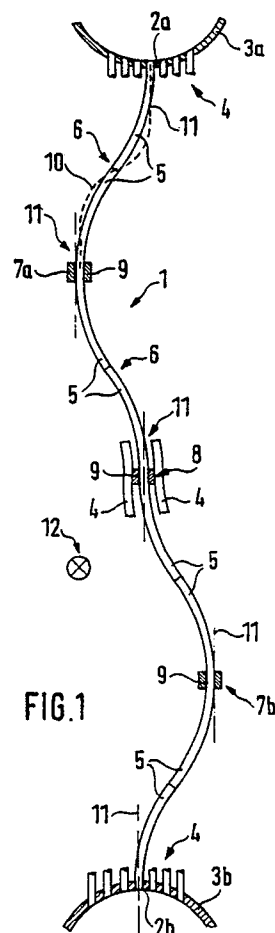
(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH ES FR GB IT LI**

(71) Anmelder: **MTU MOTOREN- UND**  
**TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH**  
**Dachauer Strasse 665 Postfach 50 06 40**

(74) Vertreter: **Baum, Wolfgang, Dipl.-Ing.**  
**MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION**  
**MÜNCHEN GMBH Dachauer Strasse 665**  
**D-8000 München 50(DE)**

(54) **Profilrohranordnung für einen Wärmetauscher.**

(57) Eine Profilröhrchenanordnung für einen Wärmetauscher weist Profilröhrchen auf, die aus einer Anzahl aneinanderstoßender Kurvenabschnitte (5) bestehen, wodurch eine etwa schlangenlinig gekrümmte Profilröhrchenkontur erzielbar ist. Dadurch lassen sich Wärmedehnungen durch Ausgleichsbewegungen der Kurvenabschnitte (5) kompensieren, ohne daß die Gesamtlage der Wärmetauschers verändert wird bzw. größere Spannungen entstehen.



## Profilrohranordnung für einen Wärmetauscher

Die Erfindung betrifft eine Profilrohranordnung für einen Wärmetauscher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE-PS 35 43 893 ist eine derartige Profilrohranordnung bekannt geworden, bei der eine Anzahl S-förmig gekrümmter Profilröhrchen zwischen einem Sammelrohr und einem Matrixumlenkabschnitt angebracht sind. Durch die Krümmung der einzelnen Profilröhrchen ergeben sich eine Reihe von Vorteilen gegenüber gradlinig verlaufenden Profilröhrchen. Diese Lösung hat jedoch den Nachteil, daß der individuelle Dehnungsausgleich eines Profilröhrchen einen Querausschlag in Bezug auf das es umgebende Kollektiv von Profilröhrchen nur an denjenigen Stellen zur Folge hat, an denen die Abstandshalter der maximalen Auslenkungspunkte angeordnet sind. Dadurch wird der Dehnungsausgleich behindert, sofern er das in der Abstandshalterung vorhandene Spiel überschreitet.

Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, eine gattungsgemäße Anordnung derart zu verbessern, daß unter allen Betriebsbedingungen ein ungehinderter Dehnungsausgleich stattfinden kann, ohne daß sich die Wärmetauscheranordnung ungezielt verformt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Aneinanderreihung von Kurvenabschnitten ergibt über die gesamte Länge eines Profilröhrchens einen vollständigen Wellenzug, der ein kontrolliertes Ausknicken eines gesamten Röhrchens bzw. eines gesamten Röhrchenkollektivs einer Schicht bei Relativdehnungen durch Wärmedehnungen oder durch stoßbedingte Dehnungen bzw. Stauchungen im Verhältnis zu deren äußeren Einspannung ermöglicht. Die Profilröhrchen können sich somit trotz beidseitig fixierter Einspannungen und fester Verbindung an den Stellen der Abstandshalter kontrolliert und nur mit geringen inneren Spannungen unter der Wirkung von Temperaturdifferenzen und -gradienten in der Länge ausdehnen und kontrahieren, ohne daß die Strömungsquerschnitte zwischen benachbarten Profilröhrchen wesentlich verändert werden. Es muß dabei betont werden, daß die Profilröhrchen aus einem Stück gefertigt sind, und die einzelnen Kurvenabschnitte lediglich gebogene Teilabschnitte eines Profilröhrchens darstellen.

In Folge der S-förmigen Krümmung der Profilröhrchen erfolgt der Ausgleich von Verbiegungen in der Ebene einer Profilröhrchenschicht durch Torsion der Kurvenabschnitte zwischen Abstandshaltern, wodurch ein geringerer Widerstand gegen Verbiegungen und somit geringere Spannungen

gegenüber ungekrümmten Profilröhrchen erzielbar sind.

Der erhebliche Vorteil der neuen Formgestaltung der Profilröhrchen liegt darin, daß die Abstandshalter an den Stellen ihrer maximalen Auslenkungspunkte und den Zwischenpunkten spielfrei fixiert werden können, wodurch das Kollektiv der Profilröhrchen an diesen Stellen gegen Schwingungen und Stoßkräfte fest abgestützt werden kann. Der Dehnungsausgleich erfolgt dann durch Stauchen oder Strecken der Profilröhrchen auf jeweils der Länge zweier aneinander stoßender Kurvenabschnitte, d.h. zwischen je zwei Fixierpunkten, die entlang einer gesamten Rohrstrecke zumindest zweimal auftreten. Für die gleiche Relativdehnung ergeben sich dabei Querauslenkungen, die etwa um den Faktor 3 geringer sind als diejenigen von bekannten Ausführungen.

In bevorzugter Weiterbildung der Erfindung weisen die Kurvenabschnitte konstante Krümmungsradien auf, wodurch eine einfache Herstellbarkeit der Kurvenabschnitte erreichbar ist. Dabei ist es von Vorteil, wenn alle Kurvenabschnitte den gleichen Krümmungsradius aufweisen, der etwa im Bereich von 1 bis 2fachen Länge der Kurvenabschnitte beträgt. Bei einem beispielsweise aus acht Kurvenabschnitten zusammengesetzten Profilröhrchen lassen sich auf diese Weise die für die Durchströmung wichtigen Abstände zwischen den Profilröhrchen auch bei großen Temperaturdifferenzen ausreichend groß halten. Die Stellen minimalen Abstandes zwischen zwei Profilröhrchen treten an den Wendepunkten auf, d.h., an Stoßstellen zweier entgegengesetzt gekrümmter Kurvenabschnitte.

In alternativer Ausbildung der Erfindung weisen die Kurvenabschnitte sinusförmigen Kurvenverlauf auf. Dabei sind zwei alternative Ausführungsformen eines sinusförmigen Kurvenverlaufes möglich. Gemäß einer bevorzugten Alternative bilden zwei Kurvenabschnitte zusammen einen vollständigen Sinuszug, wobei die gedachte Winkelachse die gradlinige Verbindung zweier Fixierpunkte darstellt. Somit entsprechen die Fixierpunkte dem Winkel 0 bzw.  $2\pi$  während die Wendestellen, an denen zwei entgegengesetzt gekrümmte Kurvenabschnitte aufeinander treffen dem Winkel  $\frac{\pi}{2}$  entspricht.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform bilden zwei Kurvenabschnitte zusammen einen halben Kosinuszug. D. h. die gedachte Winkelachse ist parallel gleich beabstandet zu den Profilröhrchentangenten an den beiden Fixierstellen. Die beiden Fixierstellen entsprechen somit den Winkeln 0 und  $\pi$ .

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung sieht vor, daß die Profilröhrchen etwa ellip-

senartigen Querschnitt aufweisen, wobei die einzelnen Kurvenabschnitte um die Halbachse mit dem geringeren Biege widerstandsmoment gebogen sind. Ein derartig ellipsenartiger Querschnitt ermöglicht eine aerodynamisch günstigere Umströmung der einzelnen Profilröhrchen. Alternativ wäre es doch auch denkbar die Profilröhrchen mit Kreisquerschnitt zu fertigen, um eine vereinfachte Herstellung zu erzielen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigelegten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Profilröhrchens,

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Profilröhrchenreihe.

In Fig. 1 ist ein Profilröhrchen 1 dargestellt, daß mittels zweier Sammelbehälterbefestigungspunkte 2a, 2b an zwei nur teilweise gezeichneten Sammelbehältern 3a und 3b angebracht ist. Dabei kann einer der beiden Sammelbehälter (3a, 3b) auch ein Umlenkabschnitt einer beispielsweise U-förmigen Profilrohrmatrix sein. Parallel zum Profilröhrchen 4 sind eine Vielzahl gleichartiger, regelmäßig beabstandeter Profilröhrchen 4 vorgesehen, die zusammen mit dem gezeigten Profilröhrchen 1 eine vollständige Matrix bilden, durch die ein Strömungsmedium beispielsweise vom Sammelbehälter 3a zum Sammelbehälter 3b geleitet wird. Dabei wird der innerhalb der Profilröhrchen 1,4 fließende Fluidstrom von einem außen im Kreuzstrom vorbeifließenden Fluidstrom, dessen Strömungsrichtung mit 12 bezeichnet ist, zum Wärmetausch veranlaßt. Üblicherweise wird der innerhalb der Profilröhrchen 1,4 bewegende Fluidstrom dabei aufheizt.

Das dargestellte Profilröhrchen 1 besteht im wesentlichen aus acht gleichlangen Kurvenabschnitten 5, die an den Wendestellen 6 aneinander anschließen. Dabei sind die Kurvenabschnitte 5 nur verschieden gekrümmte Bereiche des integral hergestellten Profilröhrchens 1, d. h. es werden keine Vielzahl von Kurvenabschnitten 5 zusammengefügt, sondern ein Profilröhrchen 1 wird entsprechend in die Kurvenabschnitt gebogen. Ferner sind die Kurvenabschnitte 5 abwechselnd entgegengesetzt (nach links bzw. nach rechts) gekrümmt zur Bildung einer schlangenlinienartigen Kontur, die einem im wesentlichen S-förmigen Verlauf überlagert ist.

Das Profilröhrchen 1 weist zwei Maximalauslenkungspunkte 7a und 7b auf, zwischen denen ein von beiden Punkten 7a, 7b gleichweit entfernter Zwischenpunkt 8 vorgesehen ist. Im Bereich zwischen den Maximalauslenkungspunkten 7a und 7b sind je zwei Kurvenabschnitte 5 so angeordnet, daß die Krümmungsmittelpunkte auf abwechselnd entgegengesetzten Seiten des Profilröhrchens 1 liegen, so daß alternierend eine Links- und Rechts-

krümmung vorhanden ist. Insgesamt liegen vier Kurvenabschnitte 5 zwischen den Maximalauslenkungspunkten 7a und 7b.

Die Tangenten 11 an den Profilröhrchensverlauf in den Maximalauslenkungspunkten 7a, 7b und im Zwischenpunkt 8 sind parallel. Ferner sind an den Punkten 7a, 7b und 8 Abstandshalter 9 vorgesehen, mittels deren die Abstände zu benachbarten Profilröhrchen 4 - die aus Übersichtsgründen nicht eingezeichnet sind - eingehalten werden (Fixierpunkte). Die Tangenten 11 an den Sammelbehälterbefestigungspunkten 2a, 2b sind ebenfalls parallel zu den obengenannten Tangenten.

Die Kurvenabschnitte 5 können konstante Krümmungsradien aufweisen, so daß sie als Kreisabschnitte anzusehen sind, oder sie können sinusförmigen Verlauf haben.

Im Betrieb wird der Wärmetauscher thermischen Dehnungen ausgesetzt sein, wobei gleichzeitig die Sammelbehälter 3a, 3b und die Abstandshalter 9 ortsfest fixiert sein können. Dadurch ergibt sich der mit 10 bezeichnete, gestrichelt eingezeichnete Verlauf des Profilröhrchens 1, der also eine Thermodehnung des Profilröhrchens zuläßt ohne daß eine Gesamtformänderung des Wärmetauschers eintritt. Bei einer derartigen thermisch bedingten Verformung der Kurvenabschnitte 5 des Profilröhrchens 1 tritt an denjenigen Wendestellen 6, die nicht gleichzeitig Fixierpunkte 7a, 7b, 8 sind die größtmögliche Annäherung benachbarter Profilröhrchen auf, während aufgrund der Abstandshalter 9 an den letztgenannten Punkten keinerlei Veränderung des Abstandes zwischen einzelnen Profilröhrchen zu beobachten ist. Um unter allen Betriebsbedingungen eine für den Durchfluß notwendigen Mindestabstand benachbarter Profilröhrchen 1, 4 zu erhalten, ist der Krümmungsradius der Kurvenabschnitte 5 bzw. die Amplitude des sinusförmigen Kurvenabschnittes 5 derart zu bemessen, daß bei maximaler temperaturinduzierter Dehnung die Minimalabstände noch so groß sind, daß die minimal zulässigen Strömungsquerschnitte zwischen benachbarten Profilröhrchen 1,4 nicht unterschritten werden. Beispielsweise bei einer Dicke der Profilröhrchen 1,4 von 1,6 mm und einer Temperaturdifferenz zwischen warmem und kaltem Zustand von 100 K ist der Krümmungsradius bei einer Länge der Kurvenabschnitte von 2,5 cm etwa im Bereich von 3 - 4 cm zu wählen.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Draufsicht auf eine Profilröhrchenreihe ist zu sehen, daß die Profilröhrchen 1,4 breiter sind als in der Seitenansicht gemäß Fig. 1, was darauf zurückzuführen ist, daß die Profilröhrchen etwa ellipsenförmigen Querschnitt aufweisen. Zweckmäßigerweise erfolgt die Anströmung in der mit 12 bezeichneten Richtung und somit in Richtung der großen Halbachse der ellipsenförmigen Profilröhrchen 1,4. Entlang regel-

mäßig beabstandeter Stellen sind die Abstandshalter 9 angebracht, die sowohl in Richtung der großen Ellipsenhalbachse beabstandeten Profilröhrchen als auch die in Richtung der kleinen Halbachse beabstandeten Profilröhrchen (Fig. 1) in einem definierten Abstand halten.

## Ansprüche

1. Profilverrohranordnung für einen Wärmetauscher, bei dem zwei Sammelbehälter über eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Profilröhrchen miteinander verbunden sind, wobei die Profilröhrchen S-förmig gekrümmt sind und an ihren Maximalauslenkungspunkten und an von diesen gleich weit entfernten Zwischenpunkten (Fixierpunkten) Abstandshalter aufweisen, mittels der die Abstände zu benachbarten Profilröhrchen festgelegt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Profilröhrchen (1,4) eine Anzahl aneinanderstoßender Kurvenabschnitte (5) aufweist, wobei zwischen benachbarten Fixierpunkten (7a, 7b, 8) zwei entgegengesetzt gekrümmte Kurvenabschnitte (5) liegen und die Profilröhrchentangenten (11) in den Maximalauslenkungspunkten (7a, 7b) und den Zwischenpunkten (8) etwa parallel sind.

2. Profilverrohranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenabschnitte (5) konstante Krümmungsradien aufweisen.

3. Profilverrohranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Profilröhrchen (1) 8 Kurvenabschnitte aufweist, derart, daß zwischen den Maximalauslenkungspunkten (7a, 7b) und den Sammelbehälterbefestigungspunkten (2a, 2b) einerseits sowie dem Zwischenpunkt 8 andererseits je zwei Kurvenabschnitte (5) vorgesehen sind, und die Profilröhrchentangenten (11) in den Sammelbehälterbefestigungspunkten (2a, 2b) mit den Profilröhrchentangenten (11) in den Zwischenpunkten (8) fluchten.

4. Profilverrohranordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius das 1 - 2fache, vorzugsweise das 1,6fache der Länge der Kurvenabschnitte beträgt.

5. Profilverrohranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenabschnitte (5) sinusförmigen Kurvenverlauf aufweisen.

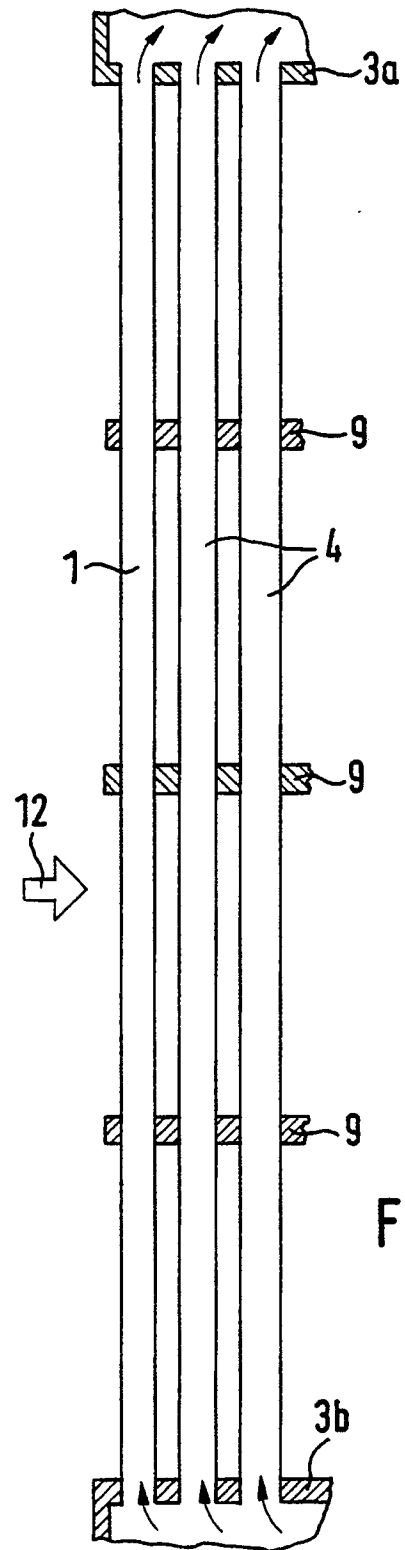
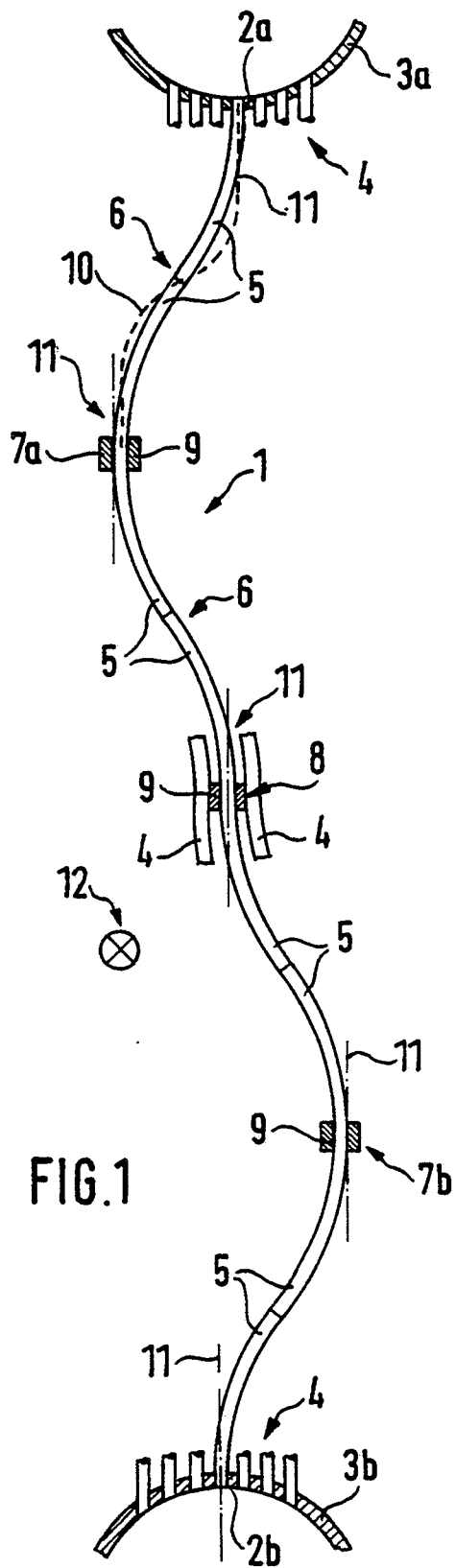
6. Profilverrohranordnung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kurvenabschnitte (5) zusammen einen vollständigen Sinuszug ( $0 \dots \pi$ ) ergeben.

7. Profilverrohranordnung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kurvenabschnitte (5) zusammen einen halben Cosinuszug ( $0 \dots \pi$ ) ergeben.

8. Profilverrohranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß

die Profilröhrchen (1) Kreisquerschnitt ausweisen.

9. Profilverrohranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Profilröhrchen (1) etwa elliptischen Querschnitt aufweisen, wobei die Krümmung um die Halbachse mit dem geringeren Biegezugmoment erfolgt.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 2376

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
D,A	EP-A-0 228 581 (MTU) * Insgesamt * ---	1	F 28 D 7/08
A	US-A-2 519 084 (WESTINGHOUSE) * Insgesamt * ---	1	
A	FR-A-2 266 866 (TREPAUD) * Insgesamt * ---	1	
A	DE-A-3 401 567 (MTU) * Insgesamt * ---	1	
A	CH-A- 223 395 (OERLIKON) * Insgesamt * ---	1	
A	FR-A-2 540 984 (TREPAUD) * Insgesamt * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 28 D F 22 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15-05-1990	Prüfer SMETS E.D.C.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>			
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 Patentdokument, 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	