



(10) **DE 10 2011 111 954 B4** 2016.02.18

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 111 954.3**
(22) Anmeldetag: **30.08.2011**
(43) Offenlegungstag: **28.02.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.02.2016**

(51) Int Cl.: **F01N 5/02 (2006.01)**
F02G 5/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Faurecia Emissions Control Technologies,
Germany GmbH, 86154 Augsburg, DE**

(74) Vertreter:
**Prinz & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwälte, 80335 München, DE**

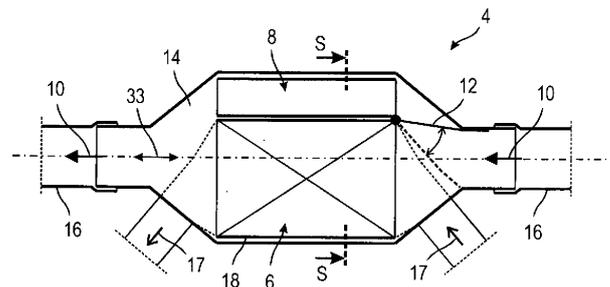
(72) Erfinder:
Khuc, Anh-Duy, 89073 Ulm, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 063 171	A1
DE	10 2008 043 346	A1
DE	10 2009 025 033	A1
US	5 968 456	A
EP	2 320 486	A2

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung, Abgasmodul mit einer solchen Vorrichtung sowie Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen, mit einem abgasdurchströmbaren Außengehäuse (18) sowie wenigstens einem, vorzugsweise mehreren thermoelektrischen Generatormodulen (20), die im Außengehäuse (18) aufgenommen sind, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (20) auf einer wellenförmigen Trägerwand (22) befestigt ist, welche einen V-förmigen Wellenquerschnitt oder einen U-förmigen Wellenquerschnitt aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (20) zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden (22) gehalten ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren, ein Abgasmodul für Kraftfahrzeuge mit einer solchen Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Vorrichtung.

[0002] Im Rahmen der globalen Klimadiskussion wurden die Vorschriften in Bezug auf Energieeffizienz und CO₂-Emissionen von Verbrennungsmotoren bereits verschärft, und es sind zukünftig noch strengere Regelungen zu erwarten. Daher gibt es seit einiger Zeit verstärkt Bestrebungen, die Abgaswärme von Verbrennungsmotoren möglichst während des gesamten Motorbetriebs zu nutzen und vorzugsweise in elektrische Energie zu wandeln. Mit dieser elektrischen Energie können dann zum Beispiel Akkus geladen oder elektrische Geräte betrieben werden. Im Stand der Technik sind bereits sogenannte thermoelektrische Generatormodule (im Folgenden: TEG-Module) beschrieben, welche thermische Energie in elektrische Energie wandeln und in Abgasanlagen eingesetzt werden können.

[0003] Eine solche Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung mittels TEG-Modulen ist beispielsweise in der DE 10 2009 025 033 A1 offenbart. Außerdem sind aus dieser Druckschrift sowie zahlreichen weiteren Veröffentlichungen im Stand der Technik auch der generelle Aufbau sowie die allgemeine Funktionsweise von TEG-Modulen bereits hinreichend bekannt, sodass darauf nicht näher eingegangen wird.

[0004] Eine große Herausforderung bei TEG-Modulen stellt die effiziente, das heißt möglichst verlustfreie Wärmeübertragung zwischen der Wärmequelle, z. B. dem heißen Abgas, bzw. der Wärmesenke, z. B. einem Kühlmittel, und den thermoelektrisch aktiven Materialien des TEG-Moduls dar. Das TEG-Modul wird sowohl auf der „Heißeite“ als auch auf der „Kaltseite“ jeweils durch eine Deckschicht begrenzt, welche z. B. aus Keramik gefertigt ist und an eine Abgasleitung bzw. Kühlmittelleitung angrenzt. Um einen konstant hohen Wärmeübergang zwischen den Deckschichten und der Abgasleitung bzw. Kühlmittelleitung zu realisieren, werden die beteiligten Baugruppen mit hohem Druck verpresst und anschließend verspannt.

[0005] Die gattungsgemäße DE 10 2008 043 346 A1 zeigt einen Abgaswärmetauscher für einen thermoelektrischen Generator mit einer im Querschnitt sternförmigen Abgasleitung, die mehrere radial ausgerichtete Strömungskanäle aufweist, sowie mehreren Kühleinrichtungen, die jeweils zwischen zwei in Umfangsrichtung benachbarten Strömungskanälen angeordnet sind. Zwischen den Strömungskanälen und den jeweils angrenzenden Kühleinrichtungen sind thermoelektrische Module vorgesehen, die mit

einer Modulseite am Strömungskanal für Abgas und mit einer entgegengesetzten Modulseite an der Kühleinrichtung anliegen.

[0006] Ein in der US 5,968,456 A beschriebenes, thermoelektrisches Generatorsystem für einen Verbrennungsmotor weist ebenfalls alle Merkmale im Oberbegriff des Anspruchs 1 auf und übernimmt eine Doppelfunktion, indem es zunächst beim Kaltstart des Motors einen Katalysator vorwärmt und später einen Teil der Wärmeenergie des durch den Katalysator strömenden Abgases in elektrische Energie umwandelt. Hierzu sind TEG-Module vorgesehen, die an einer wellenförmigen Druckfeder befestigt sind und mit einer Modulseite gegen eine vom Abgas erwärmte Katalysatorschale gedrückt werden.

[0007] Die EP 2 320 486 A2 betrifft eine Verbindung zwischen einem thermoelektrischen Element, das außenseitig eine Keramikträgerschicht aufweist, und einem Wärmetauscher, der eine Wärmetauscherwandung aufweist, wobei zwischen der Keramikträgerschicht und der Wärmetauscherwandung ein Wärmeleitmittel angeordnet ist, welches die Keramikträgerschicht und die Wärmetauscherwandung stoffschlüssig verbindet.

[0008] In der DE 10 2007 063 171 A1 ist ein thermoelektrisches Modul beschrieben, bei dem eine erste Anlagefläche zur Anlage an einer wärmeabgebenden Oberfläche und eine gegenüberliegende zweite Anlagefläche zur Anlage an einer wärmeaufnehmenden Oberfläche nicht parallel, sondern zueinander winklig angeordnet sind.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren zu schaffen, deren Konstruktion bei geringem Fertigungsaufwand dauerhaft eine gute Wärmeübertragung und damit einen hohen Gesamtwirkungsgrad der Vorrichtung sicherstellt.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe erfüllt durch eine Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren, insbesondere von Kraftfahrzeugen, mit einem abgasdurchströmbareren Außengehäuse sowie wenigstens einem, vorzugsweise mehreren thermoelektrischen Generatormodulen, welche im Außengehäuse aufgenommen sind, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul auf einer wellenförmigen Trägerwand befestigt ist.

[0011] Durch die Wellenform der Trägerwand lassen sich die TEG-Module und die Trägerwand mit geringem Aufwand verspannen, beispielsweise durch einfaches Schließen und Fügen des Außengehäuses. Entsprechend stellt sich zwischen den thermoelektrisch wirksamen Materialien des TEG-Moduls und dem heißen Abgas bzw. dem Kühlmittel eine gute Wärmeübertragung ein. Die Befestigung des TEG-

Moduls auf der wellenförmigen Trägerwand erfolgt beispielsweise durch Kleben oder Löten.

[0012] Das Außengehäuse weist einen Gehäusequerschnitt auf, wobei sich die Trägerwand in einer Ausführungsform der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung wellenförmig und einstückig im Wesentlichen von einem Querschnittsrand zu einem gegenüberliegenden Querschnittsrand erstreckt. Die Trägerwand grenzt somit an den Querschnittsrand an, wobei sie den Querschnittsrand entweder berühren oder vom Querschnittsrand beabstandet sein kann. In manchen Ausführungsvarianten ist die Trägerwand sogar mit dem Querschnittsrand verbunden, insbesondere verlötet oder verschweißt.

[0013] Die wellenförmige Trägerwand weist einen V-förmigen Wellenquerschnitt oder einen U-förmigen Wellenquerschnitt auf. Derartige Querschnitte lassen sich mit geringem Aufwand herstellen und ermöglichen eine einfache Befestigung der TEG-Module. Alternativ sind jedoch auch wellenförmige Trägerwände mit im Wesentlichen sinusförmigem Wellenquerschnitt denkbar.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die wellenförmige Trägerwand gebogene Wandabschnitte und ebene Wandabschnitte auf, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul als dünne, quaderförmige Platte ausgebildet ist und flächig an einem der ebenen Wandabschnitte anliegt. Herkömmliche TEG-Module umfassen einzelne zusammengeschaltete thermoelektrische Zellen, welche auf einer sogenannten „Heißseite“ sowie einer gegenüberliegenden, sogenannten „Kaltseite“ jeweils durch eine keramische Platte begrenzt werden. Das TEG-Modul ist bei dieser Bauweise somit eine unflexible, quaderförmige Platte, welche problemlos mit ebenen Wandabschnitten flächig in Anlage gebracht werden kann. Weisen hingegen die thermoelektrischen Generatormodule eine gewisse Flexibilität auf, so sind auch Trägerwände mit sinusförmigem Wellenquerschnitt denkbar, auf welchen die thermoelektrischen Generatormodule als gekrümmte Platten flächig befestigt werden.

[0015] Benachbarte ebene Wandabschnitte der wellenförmigen Trägerwand können in einem Winkel von $0^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$, vorzugsweise $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ relativ zueinander ausgerichtet sein. Dieser Winkelbereich ermöglicht einen hohen Gesamtwirkungsgrad bei geringem Bauraumbedarf der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform grenzen auf einer dem thermoelektrischen Generatormodul abgewandten Seite der wellenförmigen Trägerwand wärmeleitende Lamellen an die Trägerwand an, insbesondere wobei die Lamellen zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden geklemmt sind.

[0017] Die Lamellen können dabei mit wenigstens einer der angrenzenden Trägerwände stoffschlüssig verbunden, insbesondere verlötet sein.

[0018] Vorzugsweise sind die Lamellen in dieser Ausführungsform aus einem ziehharmonikaartig gebogenen Blech hergestellt. Dies ermöglicht eine preiswerte Lamellenfertigung sowie eine einfache Montage der Lamellen in der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung. Die Blechdicke der Lamellen liegt dabei bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,5 mm.

[0019] Außerdem kann in dieser Ausführungsform die wellenförmige Trägerwand ebene Wandabschnitte aufweisen und jede Lamelle eine Lamellenebene festlegen, wobei die Lamellenebenen der an einen ebenen Wandabschnitt angrenzenden Lamellen mit dem ebenen Wandabschnitt bevorzugt jeweils einen Winkel von $30^\circ < \beta < 90^\circ$ und besonders bevorzugt jeweils einen Winkel von $60^\circ < \beta < 88^\circ$ ausbilden. In diesem Fall verbessern die Lamellen nicht nur die Wärmeleitung der Trägerwand, sondern können auch eine Anpresskraft senkrecht zum ebenen Wandabschnitt übertragen, sodass sich eine gute Verspannung zwischen dem TEG-Modul und der Trägerwand ergibt.

[0020] Ferner ist das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden gehalten. Die beidseits des Generatormoduls angeordneten Trägerwände können insbesondere zwei identische, stabile Metallbleche sein. Alternativ grenzt an das TEG-Modul lediglich eine Trägerwand aus stabilem Metallblech an, wohingegen auf der entgegengesetzten Seite eine flexible Metallfolie ohne Eigensteifigkeit vorgesehen ist. Das Verhältnis von Blechdicke zu Foliendicke liegt dabei wenigstens bei 10:1, vorzugsweise bei wenigstens 25:1.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung erstrecken sich wenigstens ein Strömungskanal für heißes Abgas und wenigstens ein Strömungskanal für Kühlmittel durch das Außengehäuse, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul auf gegenüberliegenden Seiten einerseits dem Abgas und andererseits dem Kühlmittel zugeordnet ist. Die Strömungskanäle verlaufen vorzugsweise parallel zueinander, wobei das Abgas und das Kühlmittel im Betrieb der Vorrichtung die Strömungskanäle in gleicher Richtung (Gleichstrombetrieb) oder in entgegengesetzter Richtung (Gegenstrombetrieb) durchströmen können. Da sowohl der Strömungskanal für heißes Abgas als auch der Strömungskanal für Kühlmittel im Inneren des Außengehäuses liegen, kann von einem „geschlossenen System“ gesprochen werden. Dies bedeutet insbesondere, dass das Außengehäuse „von innen“ gekühlt wird und keine Kühlung durch Umgebungsluft o. ä. notwendig ist. Das Kühlmittel ist

bevorzugt Wasser aus dem Motorkühlkreislauf. Alternativ kann die Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung jedoch auch einen eigenen Kühlkreislauf umfassen oder an den Kühlkreislauf der Klimaanlage angeschlossen sein.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform ist die wellenförmige Trägerwand, konkret die dem thermoelektrischen Generatormodul abgewandte Seite der Trägerwand, Teil eines Strömungskanals für heißes Abgas oder ein Kühlmittel und/oder die wellenförmige Trägerwand definiert mit dem Gehäuse einen Strömungskanal für das Abgas. Die Wärmeübertragung zwischen dem Abgas oder dem Kühlmittel einerseits und den thermoelektrischen Materialien andererseits ist in diesem Fall besonders gut, weil lediglich die Trägerwand und die flächig an der Trägerwand anliegende, beispielsweise keramische Deckplatte des TEG-Moduls überwunden werden müssen. Um diese Wärmeübertragung weiter zu erhöhen, kann zwischen der Trägerwand und der Deckplatte auch noch eine Zwischenschicht, z. B. eine Wärmeleitfolie oder Wärmeleitpaste, vorgesehen sein.

[0023] Insbesondere können zwei benachbarte wellenförmige Trägerwände einen Strömungskanal, insbesondere für Abgas, definieren, vorzugsweise unter Bildung eines im Querschnitt wellenförmigen Strömungskanals.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung ist das Außengehäuse zweiteilig aufgebaut und weist eine Trennebene auf, an der zwei Halbschalen zur Bildung des Außengehäuses miteinander verbunden sind. Hierzu werden die beiden Halbschalen beispielsweise zusammengesteckt und danach verschweißt oder verlötet.

[0025] Bevorzugt werden die beiden Halbschalen beim Zusammensetzen des Außengehäuses durch eine Fügekraft beaufschlagt, die im Wesentlichen senkrecht zur Trennebene gerichtet ist, wobei das thermoelektrische Generatormodul im Querschnitt gesehen schräg zur Richtung der Fügekraft angeordnet ist. Die gewünschte Verspannung der TEG-Module in der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung lässt sich somit sehr einfach beim Schließen des Außengehäuses erzeugen.

[0026] Insbesondere können mehrere parallel zueinander verlaufende wellenförmige Trägerwände vorgesehen sein, die mehrere benachbarte Strömungskanäle abwechselnd für Abgas und Kühlmittel begrenzen und an denen mehrere TEG-Module befestigt sind, insbesondere wobei mittig ein Strömungskanal für heißes Abgas positioniert ist, an den an gegenüberliegenden Seiten Strömungskanäle für Kühlmittel angrenzen.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform liegt die wellenförmige Trägerwand mit mehreren Wellenspitzen an einer Innenseite des Außengehäuses an. Dadurch lässt sich die beim Schließen des Außengehäuses aufgebrauchte Schließkraft in vorteilhafter Weise zum Verspannen der Trägerwand gegen die thermoelektrischen Generatormodule nutzen.

[0028] Vorzugsweise hat das Außengehäuse zwei gegenüberliegende Flachseiten, wobei die wellenförmigen Trägerwände längs der Flachseiten verlaufen.

[0029] Hierbei kann sich zwischen den Flachseiten eine mechanische Kräftebrücke aus an den Flachseiten anliegenden Trägerwänden, Generatormodulen und Lamellen bilden.

[0030] Vorzugsweise sind zentrale Strömungskanäle für Heißgas durch gegenüberliegende wellenförmige Trägerwände begrenzt, welche mit ihren Wellenspitzen aneinander angrenzen und jeweils thermoelektrische Generatormodule tragen. Dadurch dass die Strömungskanäle für heißes Abgas von zwei gegenüberliegenden Trägerwänden mit TEG-Modulen begrenzt sind, ergibt sich eine besonders effiziente Nutzung der Abgaswärme.

[0031] Die Erfindung betrifft im Übrigen auch ein Abgasmodul für Kraftfahrzeuge, mit einer oben genannten Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung, einer Bypass-Leitung für Abgas, die parallel zur Vorrichtung geschaltet ist, sowie einem Steuer- oder Regelement, welches das Abgas in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern anteilig auf die Vorrichtung und die Bypass-Leitung verteilen kann. Dieses Abgasmodul erlaubt also im Bedarfsfall eine Überbrückung der Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung durch eine Bypass-Leitung. Dadurch lassen sich mit geringem Aufwand Beeinträchtigungen bei der Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors, mögliche Überhitzungen der thermoelektrischen Generatoren sowie unerwünscht hohe Staudrücke in der Abgasleitung vermeiden.

[0032] In einer Ausführungsform des Abgasmoduls sind die Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung, die Bypass-Leitung und das Steuer- oder Regelement in einem gemeinsamen Modulträger angebracht. Dadurch ergibt sich ein kompaktes Abgasmodul, welches in neue Abgassysteme problemlos integriert und bei herkömmlichen Abgassystemen mit geringem Aufwand ergänzt werden kann.

[0033] Schließlich umfasst die Erfindung noch ein Herstellungsverfahren für die oben beschriebene Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer im Wesentlichen ebenen Trägerwand;
- Befestigen des wenigstens einen thermoelektrischen Generatormoduls an der ebenen Trägerwand; und
- Umformen der ebenen Trägerwand zu einer wellenförmigen Trägerwand.

[0034] Dabei kann die Trägerwand zunächst als einfaches ebenes Blech bereitgestellt werden, an dem sich TEG-Module mit besonders geringem Arbeits- und Zeitaufwand befestigen lassen.

[0035] In einem alternativen Herstellungsverfahren für die oben beschriebene Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung wird zu Beginn eine wellenförmige Trägerwand bereitgestellt. Diese Trägerwand ist üblicherweise ein Blech mit wellenförmigem Querschnitt, welches z. B. im Walzprofilier- oder Strangpressverfahren gefertigt wurde. Das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul wird danach an der wellenförmigen Trägerwand, insbesondere an einem ebenen Wandabschnitt der wellenförmigen Trägerwand befestigt.

[0036] Durch die beschriebenen Verfahren lassen sich mit minimalem Aufwand kompakte Vorrichtungen zur Abgaswärmenutzung herstellen, welche durch die Verspannung der TEG-Module im Außengehäuse eine gute Wärmeübertragung und damit einen besonders hohen Gesamtwirkungsgrad aufweisen.

[0037] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. In diesen zeigen:

[0038] Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Abgasmodul;

[0039] Fig. 2 einen schematischen Querschnitt S-S des Abgasmoduls in Fig. 1, mit einer Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0040] Fig. 3 einen schematischen Querschnitt S-S des Abgasmoduls in Fig. 1, mit einer Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung; und

[0041] Fig. 4 einen schematischen Querschnitt S-S des Abgasmoduls in Fig. 1, mit einer Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

[0042] Die Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein Abgasmodul 4 für Kraftfahrzeuge, mit einer Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung, einer Bypass-Leitung 8 für Abgas 10, die parallel zur Vorrichtung 6 ge-

schaltet ist, sowie einem Steuer- oder Regelement 12, welches das Abgas 10 in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern anteilig auf die Vorrichtung 6 und die Bypass-Leitung 8 verteilen kann. Da die Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung, die Bypass-Leitung 8 und das als Steuerklappe ausgebildete Steuer- oder Regelement 12 in einem gemeinsamen Modulträger 14 angebracht sind, lässt sich das Abgasmodul 4 als kompakte, vorgefertigte Baugruppe herstellen und mit geringem Aufwand in eine Abgasleitung 16 eines Verbrennungsmotors einbauen.

[0043] Das Abgasmodul 4, konkret die Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung des Abgasmoduls 4 ist ferner an einen Kühlkreislauf angeschlossen, in dem ein Kühlmittel 17 zirkuliert, wobei als Kühlmittel 17 vorzugsweise Wasser verwendet wird.

[0044] Die Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung ist insbesondere an einen Motorkühlkreislauf des Kraftfahrzeugs angeschlossen. Alternativ kann aber auch ein Klimakreislauf des Kraftfahrzeugs verwendet werden oder ein eigener, separater Kühlkreislauf für das Abgasmodul 4 vorgesehen sein.

[0045] Die Fig. 2 bis Fig. 4 zeigen jeweils einen Querschnitt S-S des Abgasmoduls 4 gemäß Fig. 1. Die Abgasmodule 4 unterscheiden sich dabei lediglich durch die jeweils verwendete Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung, wobei in Fig. 2 eine erste Ausführungsform, in Fig. 3 eine zweite Ausführungsform und in Fig. 4 eine dritte Ausführungsform der Vorrichtung 6 gezeigt ist.

[0046] Sofern nicht gerade auf Besonderheiten einer speziellen Ausführungsform unter ausdrücklicher Bezugnahme auf die entsprechende Figur eingegangen wird, beziehen sich die nachfolgend beschriebenen Merkmale der Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung im Allgemeinen auf alle dargestellten Ausführungsformen.

[0047] Die Fig. 2 bis Fig. 4 zeigen jeweils eine Vorrichtung 6 zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen, mit einem abgasdurchströmbareren Außengehäuse 18 sowie mehreren thermoelektrischen Generatormodulen (TEG-Modulen) 20, die im Außengehäuse 18 aufgenommen sind, wobei die TEG-Module 20 auf einer wellenförmigen Trägerwand 22 befestigt, insbesondere mit der Trägerwand 22 verklebt oder verlötet sind.

[0048] Unter einem TEG-Modul 20 ist im Folgenden eine bekannte, vorgefertigte Baugruppe zu verstehen, umfassend zusammengeschaltete thermoelektrische Elemente aus thermoelektrischen Materialien, gegenüberliegende Deckplatten, vorzugsweise aus Keramik, die eine „Heißseite“ und eine „Kaltseite“ definieren, sowie elektrische Anschlüsse zum Abgreifen der gewonnenen elektrischen Energie.

[0049] In den dargestellten Ausführungsformen weist die wellenförmige Trägerwand **22** gebogene Wandabschnitte **24** und ebene Wandabschnitte **26** auf, wobei die TEG-Module **20** als dünne, quaderförmige Platten ausgebildet sind und jeweils flächig an einem der ebenen Wandabschnitte **26** anliegen.

[0050] Die benachbarten ebenen Wandabschnitte **26** der wellenförmigen Trägerwand **22** sind vorzugsweise in einem Winkel α von $0^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$, besonders bevorzugt $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ relativ zueinander ausgerichtet.

[0051] Die in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** dargestellten Ausführungsformen der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung unterscheiden sich im Winkel α , wobei die erste Ausführungsform einen Winkel $\alpha \approx 60^\circ$ (vgl. **Fig. 2**), die zweite Ausführungsform einen Winkel $\alpha \approx 90^\circ$ (vgl. **Fig. 3**) und die dritte Ausführungsform einen Winkel $\alpha \approx 0^\circ$ (vgl. **Fig. 4**) aufweist.

[0052] In der dritten Ausführungsform mit $\alpha \approx 0^\circ$ ergibt sich eine wellenförmige Trägerwand **22** mit etwa U-förmigem Wellenquerschnitt. Die TEG-Module **20** sind dabei jeweils an den weitgehend parallelen U-Schenkeln **28** befestigt und nicht am Verbindungssteg **29** zwischen den U-Schenkeln **28** (vgl. **Fig. 4**).

[0053] Abgesehen von dem Sonderfall $\alpha \approx 0^\circ$ ergeben sich wellenförmige Trägerwände **22** mit einem V-förmigen Wellenquerschnitt, wodurch eine ziehharmonikaartige „Zickzack“-Form der wellenförmigen Trägerwand **22** entsteht (vgl. **Fig. 2** und **Fig. 3**).

[0054] Alternativ sind auch im Wesentlichen sinusförmige Wellenquerschnitte denkbar, wobei die TEG-Module **20** in diesem Fall eine exakt auf die Sinusform abgestimmte Krümmung oder eine gewisse Flexibilität aufweisen müssten, um den für eine gute Wärmeübertragung notwendigen Flächenkontakt zur Trägerwand **22** herstellen zu können.

[0055] Die TEG-Module **20** sind in den Ausführungsbeispielen gemäß **Fig. 2** bis **Fig. 4** jeweils zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden **22** gehalten, wobei die Trägerwände **22** aus stabilen Blechen, insbesondere Stahlblechen, hergestellt sind. Alternativ ist auch denkbar, dass eine Trägerwand **22** aus stabilem Blech durch eine flexible Metallfolie ersetzt wird. Die Metallfolie zeichnet sich im Vergleich zum Blech durch eine erheblich geringere Dicke und damit ein deutlich geringeres Gewicht aus, wobei das Verhältnis zwischen Blechdicke und Foliendicke wenigstens 10:1, vorzugsweise wenigstens 25:1 beträgt. Im Übrigen weist die Metallfolie keine Eigensteifigkeit auf.

[0056] In den dargestellten Ausführungsformen der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung weist das Außengehäuse **18** einen Gehäusequerschnitt auf, wobei sich die Trägerwand **22** wellenförmig und einstu-

ckig im Wesentlichen von einem Querschnittsrand **30** zu einem gegenüberliegenden Querschnittsrand **32** erstreckt. Der Gehäusequerschnitt steht dabei senkrecht zu einer Längsrichtung **33** des Abgasmoduls **4**, welche im Wesentlichen auch einer Strömungsrichtung des Abgases **10** entspricht. Die wellenförmige Trägerwand **22** ist je nach Ausführungsform der Vorrichtung **6** mit dem Querschnittsrand **30**, **32** verbunden, beispielsweise verlötet oder verschweißt (vgl. **Fig. 3**), oder grenzt lediglich an den Querschnittsrand **30**, **32** an, wobei die Trägerwand **22** den Querschnittsrand **30**, **32** entweder berührt (vgl. **Fig. 4**) oder vom Querschnittsrand **30**, **32** beabstandet ist (vgl. **Fig. 2**).

[0057] Gemäß den **Fig. 2** bis **Fig. 4** grenzen auf einer den TEG-Modulen **20** abgewandten Seite der Trägerwand **22** wärmeleitende Lamellen **35** an die Trägerwand **22** an, wobei die Lamellen **35** zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden **22** geklemmt sind und mit wenigstens einer der beiden Trägerwände **22** fest verbunden sein können. In den vorliegenden Ausführungsformen sind die Lamellen **35** beispielsweise einseitig mit der wellenförmigen Trägerwand **22** verlötet.

[0058] Aus Gründen der einfachen Fertigung und Montage sind die wärmeleitenden Lamellen **35** im Querschnitt vorzugsweise als Trapezblech oder ziehharmonikaartig gebogenes Blech (vgl. **Fig. 2** bis **Fig. 4**) ausgebildet. Zusätzlich können die einzelnen Lamellen **35** auch in Längsrichtung **33** zumindest abschnittsweise profiliert, insbesondere gewellt sein.

[0059] Die Lamellen **35** erstrecken sich üblicherweise in einen Strömungskanal **34**, in welchem sie vom Abgas **10** umströmt werden können und damit für eine bessere Wärmeübertragung zwischen dem Abgas **10** und der wellenförmigen Trägerwand **22** sorgen.

[0060] In der zweiten Ausführungsform gemäß **Fig. 3** dienen die Lamellen **35** ausschließlich der besseren Wärmeübertragung während sie in den anderen dargestellten Ausführungsformen auch zu einer gewünschten Verspannung der TEG-Module **20** im Außengehäuse **18** der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung beitragen.

[0061] Jede Lamelle **35** legt dabei eine Lamellenebene **L** fest, wobei die Lamellenebenen **L** der an einen ebenen Wandabschnitt **26** angrenzenden Lamellen **35** mit dem ebenen Wandabschnitt **26** jeweils einen Winkel β von $30^\circ < \beta < 90^\circ$, vorzugsweise $60^\circ < \beta < 88^\circ$ ausbilden. In diesem Winkelbereich ist sowohl eine gute Normalkraftübertragung zwischen den an die Lamellen **35** angrenzenden Trägerwänden **22** möglich als auch eine gewisse Elastizität in der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung gegeben. Einerseits kann somit eine hohe Andruckkraft zwischen den TEG-Modulen **20** und den Trägerwänden

22 erreicht werden, andererseits wird eine mechanische Überlastung, z. B. infolge von Maßtoleranzen oder thermischen Dehnungen der beteiligten Bauteile weitgehend verhindert.

[0062] Insbesondere in der Ausführungsform gemäß **Fig. 2** ergibt sich ein besonders vorteilhaftes elastisches Verhalten der Vorrichtung **6**, da sich der Winkel α aufgrund des Abstands zwischen Trägerwand **22** und Außengehäuse **18** vergrößern und/oder der Winkel β bei geeigneter Befestigung zwischen Trägerwand **22** und Lamellen **35** verkleinern kann, falls zu hohe Kräfte, beispielsweise zu hohe Fügekräfte F auftreten. Infolge dieser Verformungsmöglichkeiten innerhalb der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung lässt sich eine mechanische Überlastung zuverlässig verhindern.

[0063] Durch das Außengehäuse **18** erstrecken sich jeweils in Längsrichtung **33** wenigstens ein Strömungskanal **34** für heißes Abgas **10** und wenigstens ein Strömungskanal **36** für Kühlmittel **17**, wobei die TEG-Module **20** auf gegenüberliegenden Seiten einerseits dem Abgas **10** und andererseits dem Kühlmittel **17** zugeordnet sind.

[0064] Der wenigstens eine Strömungskanal **34** für Abgas **10** ist genau wie der wenigstens eine Strömungskanal **36** für Kühlmittel **17** in Längsrichtung **33** fluiddicht ausgebildet. Falls mehrere Strömungskanäle **34** für Abgas vorgesehen sind, ist eine fluiddichte Ausbildung aneinander angrenzender Strömungskanäle **34** nicht notwendig. Ein Fluidaustausch zwischen den Strömungskanälen **34** für Abgas ist unter Umständen sogar erwünscht, um eine gleichmäßige Strömungsverteilung über den Gesamtquerschnitt der einzelnen Strömungskanäle **34** zu erreichen. Gleiches gilt im Fall mehrerer Strömungskanäle **36** für Kühlmittel **17**.

[0065] Die wellenförmige Trägerwand **22**, konkret die dem TEG-Modul **20** abgewandte Seite der wellenförmigen Trägerwand **22**, ist in allen gezeigten Ausführungsbeispielen Teil eines Strömungskanals **34** für das Abgas **10** oder eines Strömungskanals **36** für das Kühlmittel **17**.

[0066] In der ersten Ausführungsform der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung definieren zwei benachbarte wellenförmige Trägerwände **22** einen Strömungskanal **34** für das Abgas **10**, wobei der Querschnitt des entstehenden Strömungskanals **34** ebenfalls wellenförmig ausgebildet ist. Insgesamt sind mehrere parallel zueinander verlaufende wellenförmige Trägerwände **22** vorgesehen, die mehrere benachbarte Strömungskanäle **34**, **36** abwechselnd für Abgas **10** und Kühlmittel **17** begrenzen, wobei mehrere TEG-Module **20** an die Trägerwände **22** angrenzen, insbesondere an diesen befestigt sind. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist dabei ein Strömungskanal **34** für

heißes Abgas **10** mittig positioniert, wobei an diesen Strömungskanal **34** an gegenüberliegenden Seiten Strömungskanäle **36** für Kühlmittel **17** angrenzen. Zur Bildung dieser Strömungskanäle **36** sind außer Trägerblechen **22** für TEG-Module **20** noch Kanalbleche **39** vorgesehen. Da der Strömungskanal **34** für Abgas **10** durch zwei Trägerwände **22** mit TEG-Modulen **20** begrenzt ist, wird die Abgaswärme in diesem Fall besonders effizient genutzt. Außerdem erreicht das Außengehäuse **18** aufgrund der gehäusenahen Strömungskanäle **36** auch im Betrieb der Vorrichtung **6** keine unerwünscht hohen Temperaturen.

[0067] Ferner stützen sich in der ersten Ausführungsform mehrere „Wellenspitzen“, d. h. gebogene Wandabschnitte **24** der wellenförmigen Trägerwand **22** an einer Innenseite des Außengehäuses **18** ab. Dies erhöht die Stabilität der Vorrichtung **6** und sorgt für eine gute Verspannung im Inneren der Vorrichtung **6**, wobei die TEG-Module **20** flächig gegen die Trägerwände **22** gepresst werden.

[0068] Gemäß der zweiten Ausführungsform der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung definieren im Bereich des Querschnittsrandes **30** zwei benachbarte wellenförmige Trägerwände **22** zusammen mit dem Außengehäuse **18** einen Strömungskanal **34** für das Abgas **10**, während weiter zur Querschnittsmittlinie hin ausschließlich die beiden benachbarten wellenförmigen Trägerwände **22** weitere Strömungskanäle **34** für Abgas **10** definieren.

[0069] Die zentralen Strömungskanäle **34** für heißes Abgas **10** sind somit durch gegenüberliegende wellenförmige Trägerwände **22** begrenzt, welche mit ihren „Wellenspitzen“, d. h. ihren gebogenen Wandabschnitten **24**, aneinander angrenzen und jeweils TEG-Module **20** tragen. Da die Strömungskanäle **34** für heißes Abgas **10** somit von zwei gegenüberliegenden Trägerwänden **22** mit TEG-Modulen **20** begrenzt sind, ergibt sich eine besonders effiziente Nutzung der Abgaswärme.

[0070] Um die Stabilität der Vorrichtung **6** gemäß **Fig. 3** zu erhöhen und eine stärkere Anpresskraft zwischen den TEG-Modulen **20** und den Trägerwänden **22** zu erreichen, können beispielsweise als Lochbleche ausgebildete Stützelemente **37** vorgesehen sein, über die sich die wellenförmigen Trägerwände **22** am Außengehäuse **18** abstützen.

[0071] Das Außengehäuse **18** ist in allen dargestellten Ausführungsformen zweiteilig aufgebaut und weist eine Trennebene E auf, an der zwei Halbschalen **38**, **40** zur Bildung des Außengehäuses **18** miteinander verbunden sind. Die beiden Halbschalen **38**, **40** werden beim Zusammensetzen des Außengehäuses **18** durch eine Fugekraft F beaufschlagt, die im Wesentlichen senkrecht zur Trennebene E gerichtet ist,

wobei die TEG-Module **20** im Querschnitt gesehen schräg zur Richtung der Fügekraft **F** angeordnet sind.

[0072] Das Außengehäuse **18** hat gegenüberliegende Flachseiten **42, 44**, welche sich in den Ausführungsbeispielen gemäß den **Fig. 2** und **Fig. 3** im Wesentlichen parallel zur Trennebene **E** erstrecken, wobei die Trägerwände **22** längs der Flachseiten **42, 44** verlaufen.

[0073] In **Fig. 2** kann sich hierbei zwischen den Flachseiten **42, 44** eine mechanische Kräftebrücke aus mehreren wellenförmigen Trägerwänden **22**, TEG-Modulen **20** und Lamellen **35** bilden.

[0074] In **Fig. 3** sind die Lamellen **35** nicht Teil der mechanischen Kräftebrücke, welche sich in diesem Fall aus mehreren wellenförmigen Trägerwänden **22**, TEG-Modulen **20** und Stützelementen **37** zusammensetzt.

[0075] Im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** kann sich keine mechanische Kräftebrücke zwischen den Flachseiten **42, 44** des Außengehäuses bilden, da die Kräfte im Bereich der Strömungskanäle **36** für das Kühlmittel **17** lediglich durch elastische Biegung der wellenförmigen Trägerwände **22** übertragen werden können. Folglich ist die Vorrichtung **6** gemäß **Fig. 4** in Richtung der Fügekraft **F** deutlich „weicher“ als die Vorrichtungen **6** gemäß den **Fig. 2** und **Fig. 3**.

[0076] Um eine stärkere Verspannung im Außengehäuse **18** zu erreichen, kann in der Vorrichtung **6** gemäß **Fig. 4** ebenfalls eine mechanische Kräftebrücke ausgebildet werden, indem beispielsweise analog zu den Strömungskanälen **34** für das Abgas **10** auch in den Strömungskanälen **36** für das Kühlmittel **17** Lamellen **35** vorgesehen werden. Selbstverständlich können zur besseren Wärmeübertragung auch in den Strömungskanälen **36** der anderen Ausführungsformen Lamellen **35** vorgesehen sein.

[0077] Bei der Herstellung der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung hat sich folgendes Verfahren als besonders vorteilhaft erwiesen:

Es wird zunächst eine im Wesentlichen ebene Trägerwand bereitgestellt, wobei diese Trägerwand ein einfaches, ebenes Blech ist. Anschließend werden die TEG-Module **20** an der ebenen Trägerwand befestigt, insbesondere verklebt oder verlötet, um dann in einem weiteren Verfahrensschritt die ebene Trägerwand zur wellenförmigen Trägerwand **22** umzuformen. Die Befestigung der TEG-Module **20** lässt sich in diesem Fall mit besonders geringem Aufwand realisieren. Alternativ ist aber auch eine Verfahrensvariante denkbar, bei der gleich zu Beginn des Verfahrens eine wellenförmige Trägerwand **22** bereitgestellt wird, wobei die Trägerwand **22** beispielsweise ein im Walzprofilierverfahren oder Strangpressverfahren geformtes Blech ist. Die TEG-Module **20** wer-

den anschließend an der wellenförmigen Trägerwand **22** befestigt. Der Aufwand zur Befestigung der TEG-Module **20** ist hierbei etwas größer; dafür entfällt im Gegenzug die abschließende Umformung der Baugruppe aus Trägerwand **22** und TEG-Modulen **20** gemäß der vorgenannten Verfahrensvariante.

[0078] Danach wird auf die TEG-Module **20** eine weitere, z. B. im Walzprofilier- oder Strangpressverfahren vorgeformte, wellenförmige Trägerwand **22** oder eine flexible Metallfolie aufgebracht, sodass die TEG-Module **20** zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden **22** bzw. zwischen einer wellenförmigen Trägerwand **22** und der flexiblen Metallfolie angeordnet sind und flächig an diesen anliegen.

[0079] In einem weiteren Verfahrensschritt werden die optionalen Lamellen **35** im Strömungskanal **34** für das Abgas **10** und/oder im Strömungskanal für das Kühlmittel **17** montiert.

[0080] Anschließend wird die vorgefertigte Baugruppe aus TEG-Modulen **20**, wellenförmigen Trägerwänden **22** und optionalen Lamellen **35** in das Außengehäuse **18** eingesetzt und gegebenenfalls mit dem Außengehäuse **18** (dichtend) verbunden.

[0081] Um schließlich die vorgefertigte Baugruppe im Inneren des Außengehäuses **18** zu verspannen werden schließlich die Halbschalen **38, 40** des Außengehäuses **18** mit der Fügekraft **F** beaufschlagt und miteinander verbunden, insbesondere verschweißt oder verlötet. Der durch die Fügekraft **F** im Inneren des Außengehäuses **18** entstehende Anpressdruck kann dabei nach Fertigstellung der Vorrichtung **6** zur Abgaswärmenutzung bis zu 14 bar betragen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abgaswärmenutzung bei Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen, mit einem abgasdurchströmbarcn Außengehäuse (**18**) sowie wenigstens einem, vorzugsweise mehreren thermoelektrischen Generatormodulen (**20**), die im Außengehäuse (**18**) aufgenommen sind, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (**20**) auf einer wellenförmigen Trägerwand (**22**) befestigt ist, welche einen V-förmigen Wellenquerschnitt oder einen U-förmigen Wellenquerschnitt aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (**20**) zwischen zwei wellenförmigen Trägerwänden (**22**) gehalten ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Außengehäuse (**18**) einen Gehäusequerschnitt aufweist, wobei sich die Trägerwand (**22**) wellenförmig und einstückig im Wesentli-

chen von einem Querschnittsrand (30) zu einem gegenüberliegenden Querschnittsrand (32) erstreckt.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wellenförmige Trägerwand (22) gebogene Wandabschnitte (24) und ebene Wandabschnitte (26) aufweist, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (20) flächig an einem der ebenen Wandabschnitte (26) anliegt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass benachbarte ebene Wandabschnitte (26) der wellenförmigen Trägerwand (22) in einem Winkel (α) von $0^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$, vorzugsweise $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ relativ zueinander ausgerichtet sind.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer dem thermoelektrischen Generatormodul (20) abgewandten Seite der Trägerwand (22) wärmeleitende Lamellen (35) an die Trägerwand (22) angrenzen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lamellen (35) mit wenigstens einer der angrenzenden Trägerwände (22) stoffschlüssig verbunden sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lamellen (35) aus einem ziehharmonikaartig gebogenen Blech hergestellt sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wellenförmige Trägerwand (22) ebene Wandabschnitte (26) aufweist und jede Lamelle (35) eine Lamellenebene (L) festlegt, wobei die Lamellenebenen (L) der an einen ebenen Wandabschnitt (26) angrenzenden Lamellen (35) mit dem ebenen Wandabschnitt (26) jeweils einen Winkel (β) von $30^\circ < \beta < 90^\circ$, vorzugsweise $60^\circ < \beta < 88^\circ$ ausbilden.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich wenigstens ein Strömungskanal (34) für heißes Abgas (10) und wenigstens ein Strömungskanal (36) für Kühlmittel (17) durch das Außengehäuse (18) erstrecken, wobei das wenigstens eine thermoelektrische Generatormodul (20) auf gegenüberliegenden Seiten einerseits dem Abgas (10) und andererseits dem Kühlmittel (17) zugeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wellenförmige Trägerwand (22) Teil eines Strömungskanals (34, 36) für Abgas (10) oder ein Kühlmittel (17) ist, und/oder dass die wellenförmige Trägerwand (22)

mit dem Außengehäuse (18) einen Strömungskanal (34) für Abgas (10) definiert.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei benachbarte wellenförmige Trägerwände (22) einen Strömungskanal (34, 36) definieren.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Außengehäuse (18) zweiteilig aufgebaut ist und eine Trennebene (E) aufweist, an der zwei Halbschalen (38, 40) zur Bildung des Außengehäuses (18) miteinander verbunden sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Halbschalen (38, 40) beim Zusammensetzen des Außengehäuses (18) durch eine Fügekraft (F) beaufschlagt werden, die im Wesentlichen senkrecht zur Trennebene (E) gerichtet ist, wobei das thermoelektrische Generatormodul (20) im Querschnitt gesehen schräg zur Richtung der Fügekraft (F) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere parallel zueinander verlaufende wellenförmige Trägerwände (22) vorgesehen sind, die mehrere benachbarte Strömungskanäle (34, 36) abwechselnd für Abgas (10) und Kühlmittel (17) begrenzen und an denen mehrere thermoelektrische Generatormodule (20) befestigt sind.

15. Abgasmodul für Kraftfahrzeuge, mit einer Vorrichtung (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, einer Bypass-Leitung (8) für Abgas (10), die parallel zur Vorrichtung (6) geschaltet ist, sowie einem Steuer- oder Regelement (12), welches das Abgas (10) in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern anteilig auf die Vorrichtung (6) und die Bypass-Leitung (8) verteilen kann.

16. Abgasmodul nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (6), die Bypass-Leitung (8) und das Steuer- oder Regelement (12) in einem gemeinsamen Modulträger (14) angebracht sind.

17. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (6) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer im Wesentlichen ebenen Trägerwand;
- Befestigen des wenigstens einen thermoelektrischen Generatormoduls (20) an der ebenen Trägerwand; und

– Umformen der ebenen Trägerwand zu einer wellenförmigen Trägerwand (**22**).

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

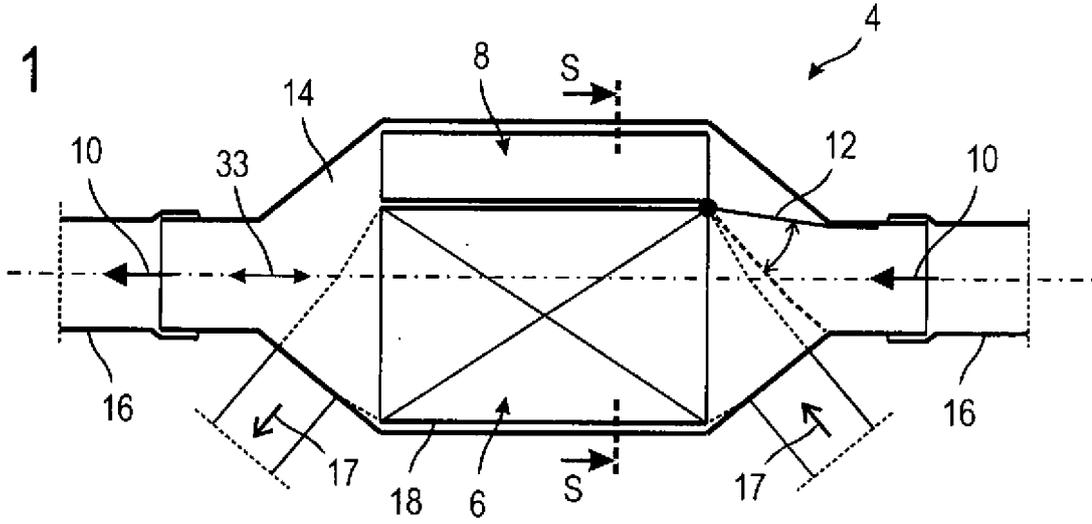


Fig. 2

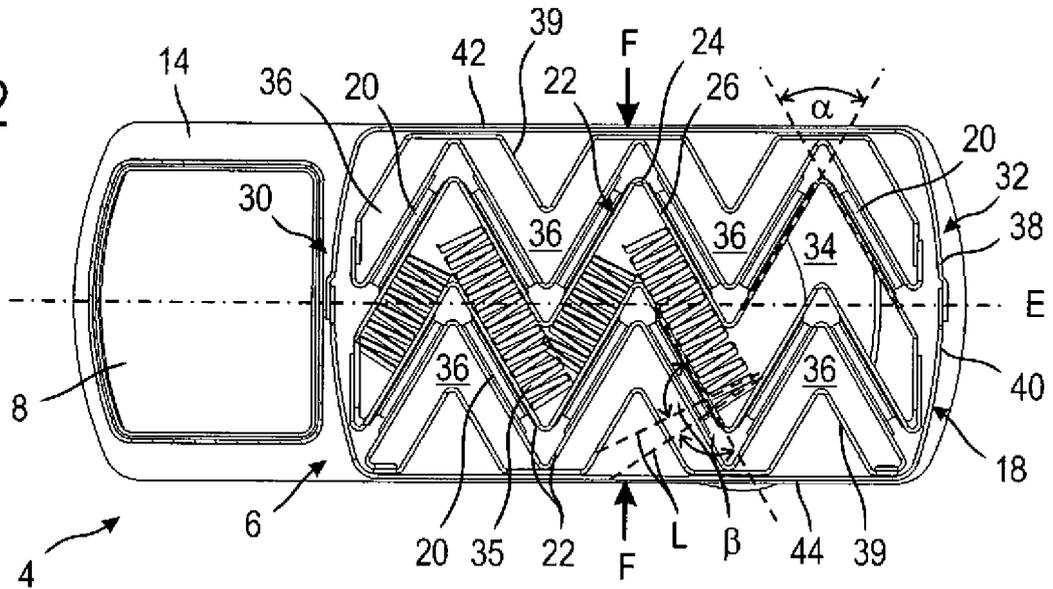


Fig. 3

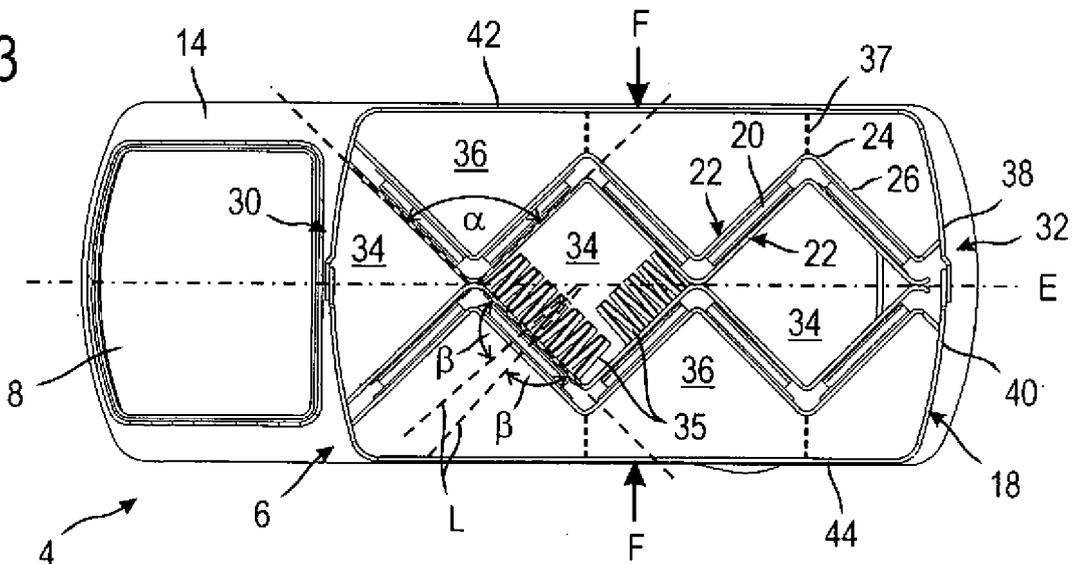


Fig. 4

