



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 32 763 B4** 2005.07.14

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 32 763.7**  
 (22) Anmeldetag: **18.07.2002**  
 (43) Offenlegungstag: **13.02.2003**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **14.07.2005**

(51) Int Cl.7: **F02M 25/07**  
**F01N 3/02**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
**GM 583/2001 23.07.2001 AT**

(71) Patentinhaber:  
**AVL List GmbH, Graz, AT**

(74) Vertreter:  
**Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
 63450 Hanau**

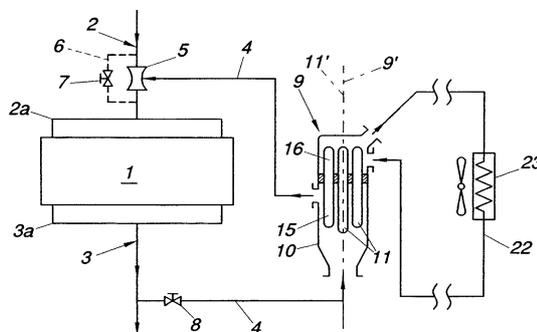
(72) Erfinder:  
**Schweitzer, Franz, Dipl.-Ing., Graz, AT; Vide,  
 Marko-Dejan, Dipl.-Ing., Graz, AT; Marek, Jan,  
 Dipl.-Ing., 85293 Reichertshausen, DE**

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

**DE 43 19 380 A1**  
**DE 39 00 528 A1**  
**DE 38 24 954 A1**  
**DE 33 22 063 A1**  
**AT 003 88 8U2**  
**US 41 07 922**  
**US 39 62 869**  
**US 37 37 286**  
**US 36 62 542**  
**WO 01/20 156 A1**

(54) Bezeichnung: **Abgasrückführkühler**

(57) Hauptanspruch: Abgasrückführkühler (9), welcher in einer von einem Auslasssystem (3) abzweigenden und zu einem Einlasssystem (2) einer Brennkraftmaschine (1) führenden Abgasrückführleitung (4) angeordnet ist, wobei der Abgasrückführkühler (9) als Wärmerohr-Wärmetauscher ausgebildet ist und zumindest ein geschlossenes evakuiertes und mit einem Arbeitsmedium gefülltes Wärmerohr (11) aufweist, dessen erstes Ende (15) vom Abgas der Abgasrückführleitung (4) beaufschlagt ist und dessen zweites Ende (16) mit einer Wärmesenke in Kontakt steht, dadurch gekennzeichnet, dass Längsachse (9') des Abgasrückführkühlers (9) parallel zu einer Achse (11') des zumindest einen Wärmerohres (11) ausgerichtet ist, sodass die Abgasführung im Abgasrückführkühler (9) im Wesentlichen axial erfolgt, dass ein vom Abgas durchströmter Teil (13) des Abgasrückführkühlers (9) im Bereich einer Abgasauslassöffnung (18) zwei konzentrisch angeordnete Rohre aufweist, wobei ein inneres Rohr (19') zusammen mit einer Halteplatte (12) für das zumindest eine Wärmerohr (11) eine Spaltöffnung (21) bildet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Abgasrückführkühler, welcher in einer von einem Auslasssystem abzweigenden und zu einem Einlasssystem einer Brennkraftmaschine führenden Abgasrückführleitung angeordnet ist, wobei der Abgasrückführkühler als Wärmerohr-Wärmetauscher ausgebildet ist und zumindest ein geschlossenes evakuiertes und mit einem Arbeitsmedium gefülltes Wärmerohr aufweist, dessen erstes Ende vom Abgas der Abgasrückführleitung beaufschlagt ist und dessen zweites Ende mit einer Wärmesenke in Kontakt steht.

## Stand der Technik

**[0002]** Es ist bekannt, zur Absenkung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen bei Brennkraftmaschinen einen Teilstrom des Abgases aus dem Auslasssystem in das Einlasssystem rückzuführen. Die Verringerung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen erfolgt dabei direkt bei der Verbrennung, einerseits durch eine Reduktion der Flammentemperatur und andererseits durch eine Reduktion der Brenngeschwindigkeit. Obwohl also durch die Abgasrückführung die Temperatur des angesaugten Frischluft-Abgas-Gemisches erhöht wird, haben die oben genannten Mechanismen während der Verbrennung den Effekt einer Brenngastemperaturerniedrigung. Um die  $\text{NO}_x$ -Emissionen weiter zu senken, ist es vorteilhaft, beide Komponenten des angesaugten Gasgemisches (Frischluft und rückgeführtes Abgas) zusätzlich noch soweit wie möglich abzukühlen. Eine Brennkraftmaschine dieser Art ist beispielsweise aus der DE 43 19 380 A1 bekannt. Der Abgasrückführkühler ist üblicherweise als einfacher Luft/Luft- oder Luft/Wasser-Wärmetauscher ohne einen Aggregatzustand änderndes Arbeitsmedium ausgebildet.

**[0003]** Aus der US 39 62 869 und der US 41 07 922 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Wärmerohr-Wärmetauscher im Auslasssystem bekannt, welcher dem Abgas Wärme im Bereich eines Auslasssammlers entzieht und einem Abgasreaktor zuführt.

**[0004]** Aus der RU 22 070 655 C1 ist ferner eine Brennkraftmaschine mit einem Wärmerohr-Wärmetauscher bekannt, welcher Wärme dem Abgas des Auslasssystems entzieht, und einem Vergaser des Einlasssystems zuführt.

**[0005]** Aus der US 36 62 542 ist eine Abgasheizrichtung bekannt, mit welcher dem heißen Abgasstrom einer Brennkraftmaschine im Wärmetauscher-Prinzip Energie entnommen und für die Beheizung von Fahrzeuginnenräumen verwendet wird. Die Vorrichtung ist allerdings nicht in einer Abgasrückführleitung eingebaut, sondern im Auspuffsystem der Brennkraftmaschine.

**[0006]** Ein in einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine zentrisch angeordnetes Wärmerohr ist beispielsweise aus der US 37 37 286 bekannt, dieses dient allerdings nicht zur Abgaskühlung sondern zu einer Nachverbrennung der Abgase unter Luftzugabe.

**[0007]** Wärmerohr-Wärmetauscher, welche nach dem sogenannten Heat-Pipe-Prinzip arbeiten, weisen eine oder mehrere geschlossene und evakuierte Röhren auf. Jede Röhre bildet einen geschlossenen Kreislauf. Der Wärmetransport erfolgt dabei durch die Zirkulation eines speziellen Arbeitsmediums in der Röhre. Durch stetiges Verdampfen und anschließendes Kondensieren des verdampfbaren Arbeitsmediums, beispielsweise Methanol, wird die an einem Ende des Rohres zugeführte Wärme am anderen Ende des Rohres durch Kondensation des Arbeitsmediums an eine Wärmesenke abgegeben.

**[0008]** Ein als Wärmerohr-Wärmetauscher ausgebildeter Abgasrückführkühler, welcher zumindest ein geschlossenes evakuiertes und mit einem Arbeitsmedium gefülltes Wärmerohr aufweist, dessen erstes Ende in der Abgasrückführleitung angeordnet ist und dessen zweites Ende mit einer Wärmesenke verbunden ist, ist aus der AT 003.888 bekannt geworden. Das in der Abgasrückführleitung angeordnete erste Ende jedes Wärmerohres wird vom rückgeführten Abgas umströmt, wobei die Strömungsrichtung des Abgases im Wesentlichen normal auf die Achse jedes Wärmerohres (Querströmung) gerichtet ist. Das mit einer Wärmesenke verbundene zweite Ende wird vom gasförmigen oder flüssigen Kühlmedium umströmt. Die Wärmesenke kann dabei durch den Kühlkreislauf des Motors oder den Heizkreislauf für den Fahrzeuginnenraum gebildet sein.

**[0009]** In der DE 38 24 954 A1 wird ein Wärmetauscher als Überhitzungsschutz für einen Vorkatalysator beschrieben, dessen Wärmerohre über einen konischen Flansch in ein Wärmetauschergehäuse eintauchen. Ausgehend vom konischen Flansch weisen die ins Innere des Wärmetauschers ragenden Wärmerohre unterschiedliche Krümmungsradien auf. Mit der Ausführung gemäß DE 38 24 954 A1 wird keine kompakte Bauform verwirklicht, da die Wärmerohre samt einer endseitig angeordneten Kondensationszone weit vom Wärmetauschergehäuse abstehen und viel Platz beanspruchen.

## Aufgabenstellung

**[0010]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Abgasrückführkühler der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass bei vergleichbarer Leistung mit möglichst wenigen Wärmerohren eine konstruktiv einfache, leichte und platzsparend ausgeführte, also kompakte Bauform erreicht wird.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass Längsachse des Abgasrückführkühlers parallel zu einer Achse des zumindest einen Wärmerohres ausgerichtet ist, sodass die Abgasführung im Abgasrückführkühler im Wesentlichen axial erfolgt, dass ein vom Abgas durchströmter Teil des Abgasrückführkühlers im Bereich einer Abgasauslassöffnung zwei konzentrisch angeordnete Rohre aufweist, wobei ein inneres Rohr zusammen mit einer Halteplatte für das zumindest eine Wärmerohr eine Spaltöffnung bildet.

**[0012]** Eine besonders gute Kühlung des rückgeführten Abgases ergibt sich, wenn das Gehäuse des Abgasrückführkühlers rohrförmig ausgebildet ist und von der Halteplatte in einen ersten, vom Abgas durchströmten Teil sowie in einen zweiten, von einem Kühlmedium durchströmten Teil unterteilt ist, wobei die Halteplatte ein Bündel von Wärmerohren hält, deren erste Enden in den vom Abgas durchströmten Teil und deren zweite Enden in den vom Kühlmedium durchströmten Teil des Abgasrückführkühlers ragen.

**[0013]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Wärmerohre in zumindest einem konzentrischen Kreis um ein zentrales Wärmerohr angeordnet sind, wobei der vom Abgas durchströmte Teil des Abgasrückführkühlers an einem Ende eine im Wesentlichen axiale Abgaseinlassöffnung und am davon abgewandten Ende die im Wesentlichen radial angeordnete Abgasauslassöffnung aufweist. In einer bevorzugten Anordnung kann z.B. ein zentrales Wärmerohr von sechs Wärmerohren in einem konzentrischen Kreis umgeben sein. Zur Verbesserung der gleichmäßigen Anströmung der einzelnen Wärmerohre kann ausgehend von der Abgaseinlassöffnung ein sich in Richtung der Wärmerohre aufweitender Diffusor angeordnet sein, wobei das zentrale Wärmerohr die übrigen Wärmerohre überragen und in den Bereich des Diffusors reichen kann.

**[0014]** Der vom Abgas durchströmte Teil des Abgasrückführkühlers weist im Bereich der Abgasauslassöffnung zwei konzentrisch angeordnete Rohre auf, welche einen torusförmigen Raum bilden, wobei das an den Diffusor anschließende, innere Rohr zusammen mit der Trägerplatte die Spaltöffnung bildet. Der Abgasstrom wird somit zunächst längs der einzelnen Wärmerohre geführt und tritt im Bereich der Halteplatte in den torusförmigen Raum über in welchem die Abgasauslassöffnung angeordnet ist. Dadurch wird eine Kurzschlussströmung von der Abgaseinlassöffnung direkt zur Auslassöffnung und eine ungleichmäßige Beaufschlagung der einzelnen Wärmerohre vermieden. Besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Spaltöffnung schräg verläuft und im Bereich der Abgasauslassöffnung den geringsten Abstand zur Trägerplatte aufweist. Auf der Seite der Abgasauslassöffnung kann das innere Rohr auch bis zur Halteplatte herangeführt sein.

**[0015]** Entsprechend einem allfälligen Wärmegefälle im Abgasrückführkühler können die Durchmesser und/oder die Eintauchtiefen der Wärmerohre in das rückgeführte Abgas und/oder in die Wärmesenke unterschiedlich sind. Innerhalb ein und desselben Abgasrückführkühlers kann darüber hinaus bei zumindest zwei Wärmerohren die Art des Arbeitsmediums und/oder dessen Füllstand unterschiedlich sein.

#### Ausführungsbeispiel

**[0016]** Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

**[0017]** [Fig. 1](#) eine Schemazeichnung einer Brennkraftmaschine mit dem erfindungsgemäßen Abgasrückführkühler,

**[0018]** [Fig. 2](#) einen Längsschnitt des Abgasrückführkühlers, sowie die

**[0019]** [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) Radialschnitte des Abgasrückführkühlers gemäß Linien III-III bzw. IV-IV in [Fig. 2](#).

**[0020]** Funktionsgleiche Teile sind in den einzelnen Darstellungen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0021]** Die in [Fig. 1](#) schematisch dargestellte Brennkraftmaschine **1** weist ein Einlasssystem **2** und ein Auslasssystem **3** auf. Mit **2a** ist ein Einlasssammler des Einlasssystems **2** und mit **3a** ein Auslasssammler des Auslasssystems **3** bezeichnet. Zur Rückführung von Abgas zweigt vom Auslasssystem **3** eine Abgasrückführleitung **4** ab und mündet in das Einlasssystem **2**, wobei im Bereich der Mündung eine Düse-Diffusoreinheit **5** angeordnet sein kann. Die Düse-Diffusoreinheit **5** kann gegebenenfalls über eine Bypassleitung **6**, in welcher ein Steuerventil **7** vorgesehen ist, umgehbar ausgeführt sein.

**[0022]** Zur Steuerung der Menge des rückgeführten Abgases ist in der Abgasrückführleitung **4** ein Abgasrückführ-Steuerventil **8** angeordnet. In der Abgasrückführleitung **4** ist der erfindungsgemäße Abgasrückführkühler **9** (Details siehe [Fig. 2](#)) vorgesehen, mit welchem die Temperatur des rückgeführten Abgases und somit die Brennraumtemperatur weiter abgesenkt werden kann, um die NOx-Emissionen zu reduzieren. Der Abgasrückführkühler **9** ist als Wärmerohr-Wärmetauscher ausgeführt und arbeitet nach dem Prinzip von bekannten Heat-Pipe-Systemen. Der Wärmerohr-Wärmetauscher weist eine Anzahl von geschlossenen Wärmerohren **11** auf, deren Innenraum evakuiert ist und ein verdampfbares Arbeitsmedium, beispielsweise Alkohol, Wasser, etc., beinhaltet. Das Gehäuse **10** des Abgasrückführkühlers **9** ist rohrförmig ausgebildet und von einer Halteplatte **12** in einen ersten, vom Abgas durchströmten Teil **13** sowie in einen zweiten, von einem Kühlmedi-

um durchströmten Teil **14** unterteilt. Die Halteplatte **12** weist ein Bündel von Wärmerohren **11** auf, deren erste Enden **15** in den vom Abgas durchströmten Teil **13** und deren zweite Enden **16** in den vom Kühlmedium durchströmten Teil **14** des Abgasrückführkühlers **9** ragen. Insbesondere bei einem flüssigen Kühlmedium können sich die zweiten Enden **16** in einem geschlossenen Kühlkanal eines Kühlkreislaufes **22** befinden, welcher beispielsweise ein Motorkühlkreislauf bzw. ein Heizungskreislauf für den Fahrgastinnenraum sein kann. Mit Bezugszeichen **23** ist ein Wärmetauscher zur Ableitung der Wärme des Kühlkreislaufes **22**, beispielsweise der Kühler oder ein Heizungsradialator, bezeichnet.

**[0023]** Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, ist zur Verbesserung der Abgasführung sowie zur Anhebung des Wirkungsgrades die Längsachse **9'** des Abgasrückführkühlers **9** parallel zu den Achsen **11'** der Wärmerohre **11** ausgerichtet, sodass die Abgasführung im Abgasrückführkühler **9** im Wesentlichen axial erfolgt. Ausgehend von der Abgaseinlassöffnung **17** ist ein sich in Richtung der Wärmerohre **11** aufweitender Diffusor **19** angeordnet. Weiters weist der vom Abgas durchströmte Teil **13** des Abgasrückführkühlers **9** zwei konzentrisch angeordnete Rohre auf, welche im Bereich der Abgasauslassöffnung **18** einen torusförmigen Raum **20** bilden, wobei das an den Diffusor **19** anschließende, innere Rohr **19'** zusammen mit der Halteplatte **12** eine Spaltöffnung **2,1** für den Übertritt des Abgases in den torusförmigen Raum **20** bildet. Um eine direkte Verbindung zwischen Abgaseinlass- und Abgasauslassöffnung zu vermeiden, kann die Spaltöffnung **21** in Bezug auf die Halteplatte **12** schräg verlaufen und auf der Seite der Abgasauslassöffnung **18** den geringsten Abstand zur Halteplatte **12** aufweisen.

**[0024]** Der vom Kühlwasser durchströmte Teil **14** des Abgasrückführkühlers **9** weist eine Einlassöffnung **24** für den Kühlwassereintritt sowie eine Auslassöffnung **25** für den Kühlwasseraustritt auf.

**[0025]** [Fig. 3](#) zeigt einen Schnitt im Bereich der Achse der Abgasauslassöffnung **18**, welche das Abgas aus dem torusförmigen Raum **20** abführt.

**[0026]** [Fig. 4](#) zeigt einen Schnitt auf der Höhe der Einlassöffnung **24** für das Kühlwasser, wobei die in das Kühlwasser eintauchenden Enden der Wärmerohre **11** erkennbar sind.

**[0027]** Durch das in den Teil **13** des Abgasrückführkühlers **9** geleitete Abgas werden die ersten Enden **15** der Wärmerohre **11** und somit das darin enthaltene Arbeitsmedium erwärmt, wodurch dieses verdampft und dem Abgas Wärme entzieht. Die zweiten Enden **16** werden durch das Kühlmedium im Teil **14** gekühlt, wodurch das dampfförmige Arbeitsmedium im Bereich der zweiten Enden **16** kondensiert und da-

bei Wärme an das Kühlmedium abgibt. Das kondensierte Arbeitsmedium gleitet entlang der Innenwand der Wärmerohre **11** nach unten zu den ersten Enden **15** der Wärmerohre. Dieser "freie" Umlauf des Arbeitsmediums kann durch den Einbau eines Kapillarenkörpers **26** (siehe [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)) entlang der gesamten Länge der Wärmerohrinnenwand in eine Art "Zwangsumlauf" übergeführt werden. Der Kapillarenkörper **26**, der vorzugsweise aus mehreren Lagen eines Drahtgeflechtes bzw. aus einem porösen Metallschwamm besteht, verbessert sowohl den Transport des kondensierten Arbeitsmediums zur Wärmequelle als auch die Verdampfungsbedingungen.

**[0028]** Die Wärmerohre **11** sind vorteilhafterweise in zumindest einem konzentrischen Kreis (siehe [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)) um ein zentrales Wärmerohr **11** angeordnet.

**[0029]** Der erfindungsgemäße Abgasrückführkühler erlaubt eine einfache und effektive Kühlung des rückgeführten Abgases, kann sehr kompakt ausgeführt werden, arbeitet mit hohem Wirkungsgrad, weist kurze Ansprechzeiten auf und besitzt einen sehr geringen Strömungswiderstand.

### Patentansprüche

1. Abgasrückführkühler (**9**), welcher in einer von einem Auslasssystem (**3**) abzweigenden und zu einem Einlasssystem (**2**) einer Brennkraftmaschine (**1**) führenden Abgasrückführleitung (**4**) angeordnet ist, wobei der Abgasrückführkühler (**9**) als Wärmerohr-Wärmetauscher ausgebildet ist und zumindest ein geschlossenes evakuiertes und mit einem Arbeitsmedium gefülltes Wärmerohr (**11**) aufweist, dessen erstes Ende (**15**) vom Abgas der Abgasrückführleitung (**4**) beaufschlagt ist und dessen zweites Ende (**16**) mit einer Wärmesenke in Kontakt steht, **dadurch gekennzeichnet**, dass Längsachse (**9'**) des Abgasrückführkühlers (**9**) parallel zu einer Achse (**11'**) des zumindest einen Wärmerohres (**11**) ausgerichtet ist, sodass die Abgasführung im Abgasrückführkühler (**9**) im Wesentlichen axial erfolgt, dass ein vom Abgas durchströmter Teil (**13**) des Abgasrückführkühlers (**9**) im Bereich einer Abgasauslassöffnung (**18**) zwei konzentrisch angeordnete Rohre aufweist, wobei ein inneres Rohr (**19'**) zusammen mit einer Halteplatte (**12**) für das zumindest eine Wärmerohr (**11**) eine Spaltöffnung (**21**) bildet.

2. Abgasrückführkühler (**9**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Gehäuse (**10**) des Abgasrückführkühlers (**9**) rohrförmig ausgebildet ist und von der Halteplatte (**12**) in einen ersten, vom Abgas durchströmten Teil (**13**) sowie in einen zweiten, von einem Kühlmedium durchströmten Teil (**14**) unterteilt ist, wobei die Halteplatte (**12**) ein Bündel von Wärmerohren (**11**) hält, deren erste Enden (**15**) in den vom Abgas durchströmten Teil (**13**) und deren zweite En-

den (16) in den vom Kühlmedium durchströmten Teil (14) des Abgasrückführkühlers (9) ragen.

3. Abgasrückführkühler (9) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmerohre (11) in zumindest einem konzentrischen Kreis um ein zentrales Wärmerohr (11) angeordnet sind.

4. Abgasrückführkühler (9) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der vom Abgas durchströmte Teil (13) an einem Ende eine im Wesentlichen axiale Abgaseinlassöffnung (17) und am davon abgewandten Ende die im Wesentlichen radial angeordnete Abgasauslassöffnung (18) aufweist.

5. Abgasrückführkühler (9) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ausgehend von der Abgaseinlassöffnung (17) ein sich in Richtung der Wärmerohre (11) aufweitender Diffusor (19) angeordnet ist.

6. Abgasrückführkühler (9) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zentrale Wärmerohr (11) die übrigen Wärmerohre (11) überragt und in den Bereich des Diffusors (19) reicht.

7. Abgasrückführkühler (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltöffnung (21) schräg verläuft und im Bereich der Abgasauslassöffnung (18) den geringsten Abstand zur Halteplatte (12) aufweist.

8. Abgasrückführkühler (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke durch ein flüssiges Kühlmedium, vorzugsweise Kühlwasser eines Motorkühlkreislaufes (22), gebildet ist.

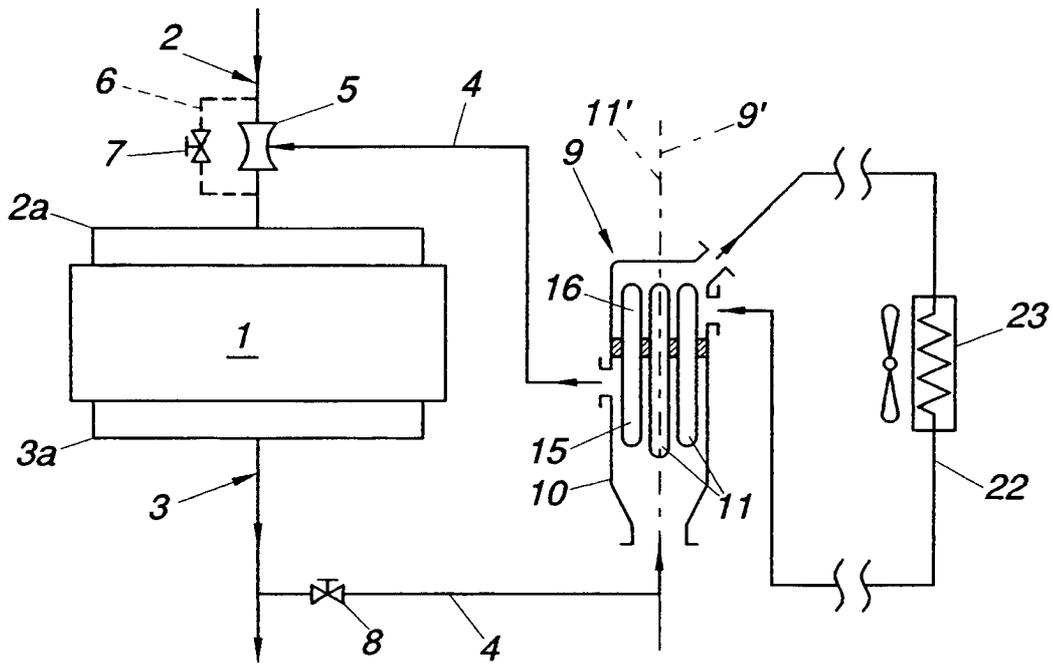
9. Abgasrückführkühler (9) nach zumindest Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmesser und/oder die Eintauchtiefen der Wärmerohre (11) in das rückgeführte Abgas und/oder in die Wärmesenke unterschiedlich sind.

10. Abgasrückführkühler (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der Wärmerohre (11) verschiedene Arten von Arbeitsmedien – entsprechend dem Wärmegefälle des Abgasrückführkühlers (9) – aufweisen.

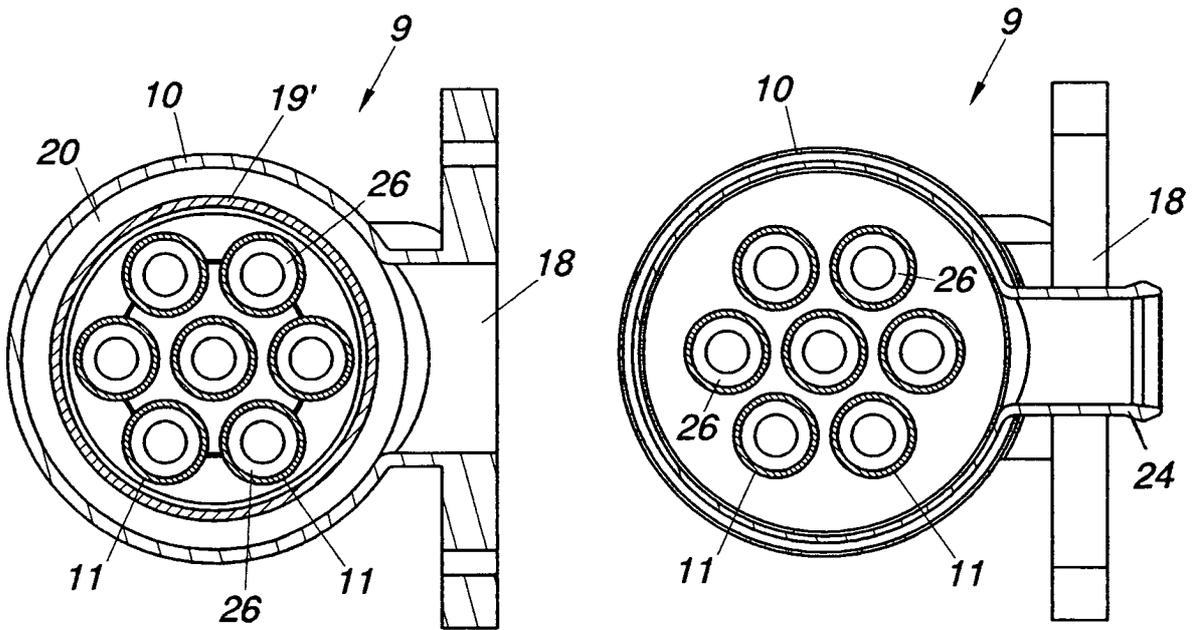
11. Abgasrückführkühler (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Wärmerohre (11) unterschiedliche Füllstände des Arbeitsmediums – entsprechend dem Wärmegefälle des Abgasrückführkühlers (9) – aufweisen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



*Fig. 1*



*Fig. 3*

*Fig. 4*

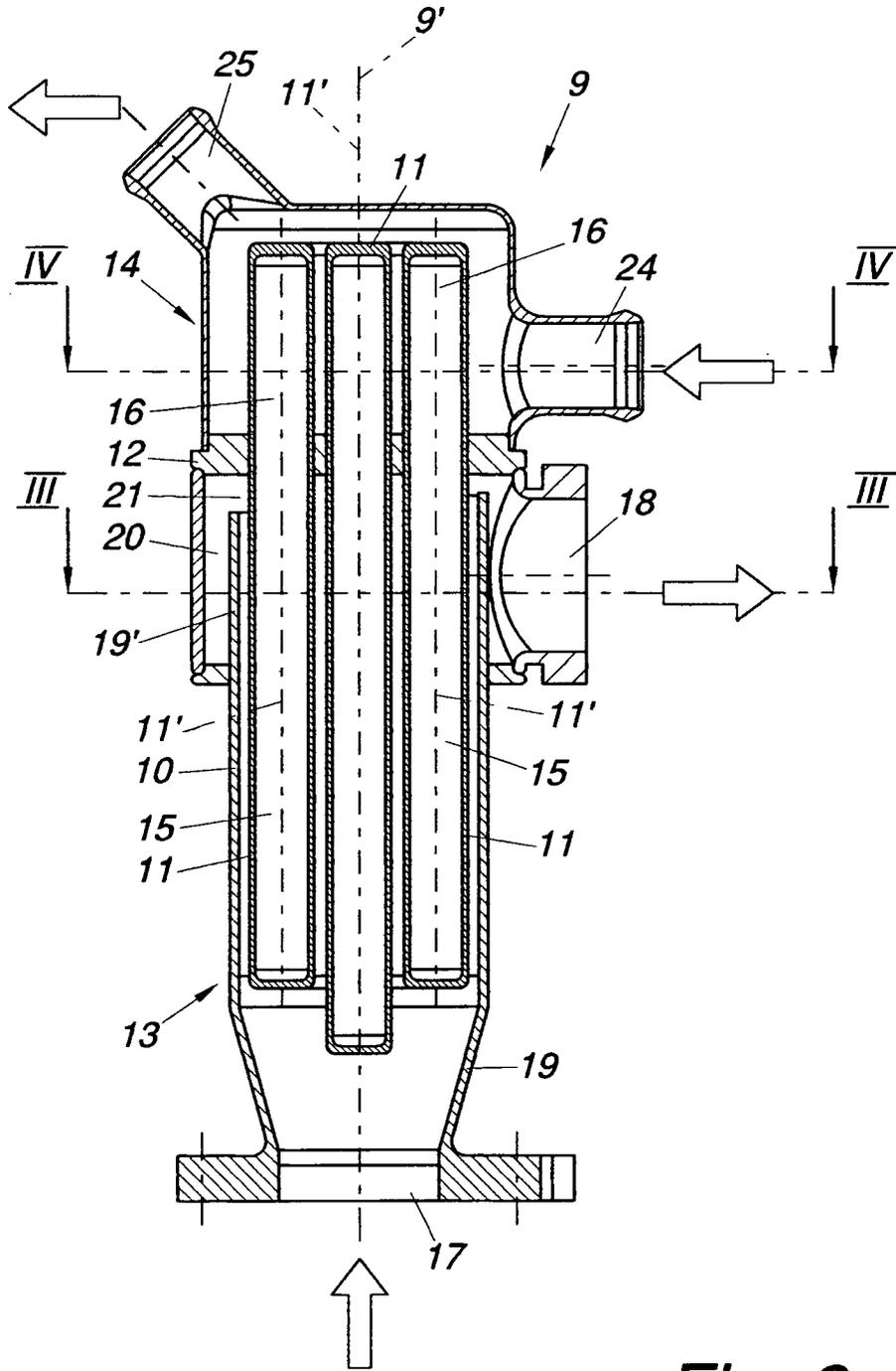


Fig. 2