

(19)



(11)

**EP 2 687 697 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.07.2022 Patentblatt 2022/27**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B01F 25/31** <sup>(2022.01)</sup> **F01N 3/36** <sup>(2006.01)</sup>  
**F01N 3/28** <sup>(2006.01)</sup> **F01N 3/025** <sup>(2006.01)</sup>  
**F01N 3/20** <sup>(2006.01)</sup> **F01N 3/24** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **13002561.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F01N 3/2066; B01F 23/2132; B01F 25/102;**  
**B01F 25/3131; F01N 3/0253; F01N 3/2892;**  
**F01N 3/36; B01F 2025/931; F01N 3/24;**  
**F01N 2240/20; F01N 2610/02; F01N 2610/03;**  
**F01N 2610/06; Y02T 10/12**

(22) Anmeldetag: **16.05.2013**

### (54) **Mischvorrichtung zur Nachbehandlung von Abgasen**

Mixing device for the aftertreatment of exhaust gases

Dispositif de mélange pour le post-traitement de gaz d'échappement

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO**  
**PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **20.07.2012 DE 102012014334**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.01.2014 Patentblatt 2014/04**

(73) Patentinhaber: **MAN Truck & Bus SE**  
**80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Albert, Herbert**  
**91056 Erlangen (DE)**

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte -**  
**PartG mbB**  
**Ridlerstraße 57**  
**80339 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2011/163395 DE-A1- 4 012 411**  
**FR-A- 1 323 501 US-A1- 2003 079 467**  
**US-A1- 2011 167 810**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 2 687 697 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Mischvorrichtung zur Nachbehandlung von Abgasen in einer Abgasanlage einer Brennkraftmaschine, die ein Gehäuse mit einer einen Eintrittsquerschnitt aufweisenden Eintrittsöffnung und ein innerhalb des Gehäuses angeordnetes Innenrohr mit einem im Inneren des Innenrohres ausgebildeten Mischbereich umfasst, wobei an einer Stirnseite des Gehäuses eine Dosiereinrichtung zur Zuführung einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches angeordnet ist. Dabei weist das Innenrohr an seiner Mantelfläche Zutrittsöffnungen auf, durch welche die Abgase in den Mischbereich einleitbar sind. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Mischen eines Abgases mit einer Flüssigkeit und/oder einem Flüssigkeit-Gas-Gemisches unter Verwendung einer derartigen Mischvorrichtung.

**[0002]** Der Einsatz eines Hydrolysekatalysators zur Reduzierung von Stickoxiden in einem Abgasstrom insbesondere eines Kraftfahrzeugs ist allgemein bekannt. Im Rahmen der beispielsweise mit einem SCR-Katalysator durchgeführten selektiven katalytischen Reduktion (SCR) wird dem Abgasstrom eine unmittelbar reduzierend wirkende Substanz, wie beispielsweise Ammoniak oder ein Vorprodukt, wie beispielsweise eine wässrige Harnstofflösung, das erst im Abgas reduzierende Substanzen freisetzt, zugeführt. Üblicherweise wird das Vorprodukt dabei vor dem SCR-Katalysator in den Abgasstrom eingesprüht.

**[0003]** Darüber hinaus wird zur Minimierung des Ausstoßes von Feinstoffpartikeln in einem Kraftfahrzeug regelmäßig ein sogenannter Partikelfilter eingesetzt. Dabei strömt das Abgas üblicherweise durch das Filtermedium hindurch. Hierbei kann es zur "Verstopfung" des Partikelfilters und folglich zu einer Erhöhung des Abgasgedrucks kommen. Dies wirkt sich wiederum negativ auf die Motorleistung und den Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine aus. Daher wird in der Regel eine Partikelfilterregeneration durchgeführt, welche insbesondere durch eine aktive Anhebung der Abgastemperatur eines Abgasstroms, welcher dann dem Partikelfilter zugeführt wird, realisiert wird. Üblicherweise werden hierbei zur Erwärmung des Abgasstroms stromauf des Partikelfilters dem Abgasstrom Kohlenwasserstoffe zugesetzt. Dieses Gemisch wird anschließend einem HC-Oxidationskatalysator zugeführt, dessen Aktivkomponente mit den Kohlenwasserstoffen durch exotherme Reaktion einen erhitzten Abgasstrom erzeugt. Dieser heiße Abgasstrom strömt zum Partikelfilter, wo die im Partikelfilter eingelagerten kohlenstoffhaltigen Russpartikel zu CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und NO umgesetzt werden, wodurch der Partikelfilter regeneriert wird.

**[0004]** Hierbei wird die jeweils in das Abgas einzubringende, in der Regel flüssig vorliegende Substanz, üblicherweise über eine Düse einer Dosiervorrichtung in den Abgasstrom eingesprüht. Zur Erzielung eines möglichst hohen Wirkungsgrads ist dabei insbesondere eine gleichmäßige Verteilung der in das Abgas eingebrachten

Flüssigkeit von wesentlicher Bedeutung.

**[0005]** Eine Mischvorrichtung der eingangs genannten Art ist beispielsweise in der DE 42 03 807 A1 offenbart. Darin wird eine als Mischvorrichtung zur Nachbehandlung von Abgasen in einer Abgasanlage einer Brennkraftmaschine ausgebildete Anordnung dargestellt, die eine Durchmischung von Abgasen mit einer Harnstofflösung vor dem Eintritt in einen Hydrolysekatalysator ermöglicht. Hierzu ist in einem Gehäuse ein als Innenrohr ausgestaltetes konisches Leitblech angeordnet. Das Leitblech weist als Zutrittsöffnungen in einen innerhalb des Leitblechs ausgebildeten Mischbereich eine Vielzahl von Bohrungen auf. An dem Gehäuse ist stirnseitig eine als Druckzerstäuberdüse ausgebildete Dosiereinrichtung angeordnet, über welche eine Harnstofflösung als Spray in den Mischbereich zugeführt wird. Das Abgas wird über eine Eintrittsöffnung in das Gehäuse eingeführt und strömt durch die Bohrungen des Leitblechs in den Mischbereich, in dem das Abgas mit dem Spray vermischt wird. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass auf das eingebrachte Spray in Umfangsrichtung gesehen durch das über die Bohrungen eingebrachte Abgas unterschiedlich starke Kräfte wirken, was zu einer Ablenkung und damit zu einer unsymmetrischen Ausbreitung des Sprays führt. Dadurch wird das Spray nicht homogen mit dem Harnstoff vermischt.

**[0006]** Die WO 2011/163395 A1, die eine Mischvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 offenbart, offenbart eine Abgasnachbehandlungseinrichtung mit einem Mischrohr und einer Verwirbelungsstruktur, die Abgas in das Mischrohr wirbelt. Die Verwirbelungsstruktur kann einen Querschnitt aufweisen, der sich entlang eines Abgasströmungspaths allmählich verringert.

**[0007]** Die FR 1 323 501 A offenbart eine Vorrichtung zum Zerstäuben oder Vermischen von Feststoffteilchen oder einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Trägermittel. Die Vorrichtung weist eine Wirbelkammer, die einen tangentialen Einlass und einen axialen Auslass, jedoch außer ihren Außenwandungen keine inneren Leitwandungen für das Trägermittel besitzt, auf. Die Vorrichtung weist eine axial durch die Wirbelkammer geführte Zuführleitung für die mit dem Trägermittel zu mischenden Stoffe auf. Die Wirbelkammer besitzt im Querschnitt die Umrißform einer logarithmischen Spirale und die Zuführleitung endet etwa in der Querschnittsebene der Auslassöffnung. Die Vorrichtung eignet sich als Vergaser, Spritzpistole, Brenner, Aerosol-Erzeuger oder als Vernebelungsgerät.

**[0008]** Die DE 40 12 411 A1 offenbart einen mit Abgas einer Brennkraftmaschine betreibbaren Brenner zur Regenerierung einer Partikelfiltereinrichtung im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine. Eine Abgaszufuhreinrichtung des Brenners teilt das Abgas in nach Menge und Richtung im Wesentlichen gleiche Abgasteilströme symmetrisch um den Umfang wenigstens vor dem Eintritt in eine Vorbrennkammer des Brenners auf. Ein Zuströmgehäuse ist spiralförmig. Hierdurch kann das in einen Zwischenraum über das Zuströmgehäuse eingeleitete Ab-

gas zuverlässig in nach Menge und Richtung im Wesentlichen gleiche Abgasteilströme aufgeteilt werden, welche energiereich sind, bevor sie über Eintrittsöffnungen in eine Vorbrennkammer gelangen.

**[0009]** Die US 2003/079467 A1 und US 2011/167810 A1 offenbaren weitere Abgasnachbehandlungseinrichtungen.

**[0010]** Der Erfindung liegt die erste Aufgabe zugrunde, eine Mischvorrichtung bereitzustellen, die ein möglichst homogenes Vermischen einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas unabhängig oder nur unter geringem Einfluss eines zuströmenden Abgasvolumenstroms gewährleistet. Ferner liegt der Erfindung die zweite Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum möglichst homogenen Vermischen einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas bereitzustellen.

**[0011]** Diese erste Aufgabe wird gelöst durch eine Mischvorrichtung zur Nachbehandlung von Abgasen in einer Abgasanlage einer Brennkraftmaschine, die ein Gehäuse mit einer einen Eintrittsquerschnitt aufweisenden Eintrittsöffnung und ein innerhalb des Gehäuses angeordnetes Innenrohr mit einem im Inneren des Innenrohres ausgebildeten Mischbereich umfasst, wobei an einer Stirnseite des Gehäuses eine Dosiereinrichtung zur Zuführung einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches angeordnet ist, und wobei das Innenrohr an seiner Mantelfläche Zutrittsöffnungen aufweist, durch welche die Abgase in den Mischbereich einleitbar sind. Dabei weist das Gehäuse einen spiralförmigen Gehäuseabschnitt auf, wobei sich der spiralförmige Gehäuseabschnitt zumindest entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen des Innenrohres erstreckt.

**[0012]** Die Erfindung geht dabei in einem ersten Schritt von der Überlegung aus, dass für ein homogenes Vermischen der insbesondere in Form eines Sprays eingebrachten Flüssigkeit und/oder des eingebrachten Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas eine homogene Ausbreitung des Sprays in dem Mischbereich erforderlich ist. In einem zweiten Schritt geht die Erfindung von der Überlegung aus, dass für eine homogene Ausbreitung des Sprays auf dieses in Umfangsrichtung um die zentrale Hauptströmungsachse des Sprays gleichmäßige Strömungskräfte herrschen müssen. Mit anderen Worten müssen in Umfangsrichtung gleichmäßige Strömungs- und Druckverhältnisse vorliegen. Daher sieht die Erfindung vor, dass das Gehäuse einen spiralförmigen Gehäuseabschnitt aufweist, welcher sich zumindest entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen des Innenrohres erstreckt. Durch die Spiralform wird gewährleistet, dass an der außen liegenden Mantelfläche entlang des mit Zutrittsöffnungen versehenen Abschnitts des Innenrohres annähernd gleiche Strömungs- und Druckverhältnisse herrschen, so dass insbesondere in Umfangsrichtung gesehen eine gleichmäßige Zuführung des Abgases über die Zutrittsöffnungen in den Mischbereich erfolgt und sich im Mischbereich rotationssymmetrische Strömungsverhältnisse ausbilden können.

**[0013]** Die Eintrittsöffnung des Gehäuses dient insbesondere der Zufuhr von Abgas in das Gehäuse. Das Innenrohr weist als Grundkörper insbesondere einen länglichen Hohlkörper mit einem kreisrunden, ovalen, rechteckigen oder vieleckigen Querschnitt auf. Innerhalb des Innenrohres ist der Mischbereich ausgebildet, in dem das Abgas mit einer über die Dosiereinrichtung zugeführten Flüssigkeit und/oder einem Flüssigkeit-Gas-Gemisch vermischt wird. Die Flüssigkeit enthält insbesondere Harnstoff und/oder Kohlenwasserstoff.

**[0014]** Der spiralförmige Gehäuseabschnitt führt insbesondere das über die Eintrittsöffnung zuströmende Abgas zu dem Innenrohr hin und in Umfangsrichtung entlang des Innenrohres. Durch die Spiralform tritt in diesem Gehäuseabschnitt in Umfangsrichtung eine Volumenverkleinerung zwischen der Mantelfläche des Innenrohres und der Gehäusewand auf und einem den spiralförmigen Gehäuseabschnitt durchströmenden Abgasstrom wird durch die Spiralform ein gewisser Drall eingeprägt. Dieser spiralförmige Gehäuseabschnitt erstreckt sich dabei zumindest entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen, das heißt, sämtliche Zutrittsöffnungen des Innenrohres sind innerhalb dieses Gehäuseabschnitts angeordnet.

**[0015]** Die Erfindung hat den Vorteil, dass dadurch eine Mischvorrichtung bereitgestellt wird, die ein möglichst homogenes Vermischen einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas unabhängig oder nur unter geringem Einfluss des zuströmenden Abgasvolumenstroms gewährleistet. Durch den entlang der Zutrittsöffnungen verlaufenden spiralförmigen Gehäuseabschnitt stellen sich an der außen liegenden Mantelfläche annähernd gleiche Strömungs- und Druckverhältnisse ein, so dass insbesondere in Umfangsrichtung gesehen eine gleichmäßige Zuführung des Abgases über die Zutrittsöffnungen in den Mischbereich erfolgt und sich im Mischbereich rotationssymmetrische Strömungsverhältnisse ausbilden können.

**[0016]** Ein aus axialer Richtung in das Gehäuse einströmendes Abgas, welches innerhalb des Gehäuses axial zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende strömt, kann sich zumindest zeitweise in diesem Endbereich des Gehäuses anstauen, wodurch der Abgasvolumenstrom der durch die Zutrittsöffnungen, die sich in diesem Bereich befinden, größer wäre, als der Abgasvolumenstrom, welcher durch die Zutrittsöffnungen eines dosiereinrichtungsnäheren Bereichs strömt. Um dennoch möglichst gleich große Abgasvolumenströme zu erhalten, nimmt vorteilhafterweise ein durch die Zutrittsöffnungen gebildeter Durchtrittsquerschnitt zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende des Innenrohres hin ab. Dabei ist der Durchtrittsquerschnitt die Querschnittsfläche, die dem Abgas aufgrund der Zutrittsöffnungen zum Eintritt in den Mischbereich zur Verfügung steht. Dieser Durchtrittsquerschnitt kann zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin beispielsweise stetig abnehmen. Der Durchtrittsquerschnitt kann zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin aber auch insbesondere bereichsweise abneh-

men. Mit anderen Worten ist der Durchtrittsquerschnitt in einem dosiereinrichtungsnahen Bereich größer, als der Durchtrittsquerschnitt in einem dosiereinrichtungsfurtheren Bereich. Dabei sind die einzelnen Bereiche untereinander im Wesentlichen gleich groß. Ein Bereich ist gebildet durch eine definierte Umfangsfläche des Innenrohrs, wobei sich diese Umfangsfläche aus der Summe von Fläche des Vollmaterials und der Querschnittsfläche der Zutrittsöffnungen ergibt. Das heißt, dass das Verhältnis der Fläche des Vollmaterials zur Querschnittsfläche der Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnahen Bereich kleiner ist, als das Verhältnis der Fläche des Vollmaterials zur Querschnittsfläche der Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfurtheren Bereich.

**[0017]** Um eine Abnahme des Durchtrittsquerschnitts zu realisieren, nimmt die Anzahl der Zutrittsöffnungen zweckmäßigerweise zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende des Innenrohrs hin zumindest bereichsweise ab. Dadurch kann auf verhältnismäßig einfache Weise die Abnahme des durch die Zutrittsöffnungen gebildeten Durchtrittsquerschnitts zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende des Innenrohrs hin realisiert werden. Damit wird, insbesondere bei einem aus axialer Richtung in das Gehäuse einströmendem Abgas, erreicht, dass das in das Innenrohr strömende Abgas entlang des gesamten mit Zutrittsöffnungen versehenen Abschnitts des Innenrohrs möglichst homogen in den Mischbereich strömt. Hierfür nimmt der Abstand zweier benachbarter Zutrittsöffnungen in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende des Innenrohrs hin zu. Die Anzahl der Zutrittsöffnungen kann dabei zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin stetig abnehmen. Die Anzahl der Zutrittsöffnungen kann zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin aber auch bereichsweise abnehmen. Mit anderen Worten ist dabei die Anzahl der Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfernen Bereich kleiner, als die Anzahl der Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnäheren Bereich.

**[0018]** Um eine Abnahme des Durchtrittsquerschnitts zu realisieren, nimmt vorteilhafterweise die Querschnittsfläche der Zutrittsöffnungen zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten axialen Ende hin zumindest bereichsweise ab. Die Querschnittsfläche der einzelnen Zutrittsöffnungen kann dabei zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin stetig abnehmen. Die Querschnittsfläche der einzelnen Zutrittsöffnungen kann zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin aber auch bereichsweise abnehmen. Das heißt, dass die Querschnittsfläche der einzelnen Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfernen Bereich kleiner ist, als die Querschnittsfläche der einzelnen Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnäheren Bereich.

**[0019]** In einer vorteilhaften Ausführungsform erstreckt sich ein Abgaseinlassrohr zumindest teilweise in das Gehäuse, wobei die Längsmittelsachse des Abgaseinlassrohres und die Längsmittelachse des Innenroh-

res im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind. Über ein derartiges Abgaseinlassrohr kann das Abgas gezielt einem bestimmten Bereich innerhalb des Gehäuses zugeführt werden. Das Abgaseinlassrohr erstreckt sich hierbei über die Eintrittsöffnung in das Gehäuse, das heißt, dass das Abgaseinlassrohr durch die Eintrittsöffnung in das Gehäuse geführt ist. Dabei ist das Abgaseinlassrohr insbesondere kreiszylinderförmig oder konusförmig ausgebildet. Bei einer kreisrunden Eintrittsöffnung entspricht der Außendurchmesser des Abgaseinlassrohres im Bereich der Eintrittsöffnung im Wesentlichen dem Durchmesser der Eintrittsöffnung.

**[0020]** Vorteilhafterweise erstreckt sich das Abgaseinlassrohr innerhalb des Gehäuses zumindest entlang des spiralförmigen Gehäuseabschnitts, wobei das Abgaseinlassrohr an der sich entlang des spiralförmigen Gehäuseabschnitts erstreckenden Umfangsfläche Austrittsöffnungen aufweist. Durch diese Austrittsöffnungen kann ein dem Abgaseinlassrohr zugeführter Abgasstrom insbesondere in den spiralförmigen Gehäuseabschnitt strömen. Die Austrittsöffnungen sind insbesondere vollumfänglich an der Umfangsfläche des Abgaseinlassrohrs angeordnet und weisen beispielsweise eine kreis- oder schlitzförmige Geometrie auf. Dadurch kann auch ein insbesondere aus einer axialen Richtung dem Abgaseinlassrohr zugeführter Abgasstrom beim Austritt aus dem Abgaseinlassrohr durch die Austrittsöffnungen in eine radiale Richtung "umgelenkt" oder ihm zumindest eine radiale Geschwindigkeitskomponente erteilt werden. Ferner wird dadurch dazu beigetragen, dass das Abgas entlang des gesamten mit Austrittsöffnungen versehenen Abschnitts des Abgaseinlassrohrs möglichst homogen in den spiralförmigen Gehäuseabschnitt strömt.

**[0021]** Da sich das in das Abgaseinlassrohr hineinströmende Abgas zumindest zeitweise an dem der Eintrittsöffnung abgewandten axialen Ende des Abgaseinlassrohrs anstauen kann und damit der Abgasvolumenstrom aus den Austrittsöffnungen, die sich in diesem Bereich befinden, größer sein kann, als der Abgasvolumenstrom aus den Austrittsöffnungen eines eintrittsöffnungsnäheren Bereichs, nimmt bevorzugt die Anzahl der Austrittsöffnungen zu dem der Eintrittsöffnung abgewandten axialen Ende des Abgaseinlassrohrs hin zumindest bereichsweise ab. Damit wird erreicht, dass das in das Abgaseinlassrohr einströmende Abgas entlang des gesamten mit Austrittsöffnungen versehenen Abschnitts des Abgaseinlassrohrs möglichst homogen in den spiralförmigen Gehäuseabschnitt strömt. Hierfür nimmt der Abstand zweier benachbarter Austrittsöffnungen in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung zu dem der Eintrittsöffnung abgewandten axialen Ende des Abgaseinlassrohrs hin zu. Die Anzahl der Austrittsöffnungen kann dabei zu dem der Eintrittsöffnung abgewandten Ende hin stetig abnehmen. Die Anzahl der Austrittsöffnungen kann zu dem der Eintrittsöffnung abgewandten Ende hin aber auch bereichsweise abnehmen. Mit anderen Worten ist dabei die Anzahl der Austrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfernen Bereich kleiner, als die Anzahl

der Zutrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnäheren Bereich. Dabei sind die einzelnen Bereiche untereinander im Wesentlichen gleich groß. Ein Bereich ist gebildet durch eine definierte Umfangsfläche des Abgasseinlassrohrs, wobei sich diese Umfangsfläche aus der Summe von Fläche des Vollmaterials und der Querschnittsfläche der Austrittsöffnungen ergibt. Das heißt, dass das Verhältnis der Fläche des Vollmaterials zur Querschnittsfläche der Austrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnahen Bereich kleiner ist, als das Verhältnis der Fläche des Vollmaterials zur Querschnittsfläche der Austrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfernen Bereich.

**[0022]** Alternativ oder kumulativ zur Abnahme der Anzahl der Austrittsöffnungen nimmt bevorzugt die Querschnittsfläche der einzelnen Austrittsöffnungen zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin stetig ab. Die Querschnittsfläche der einzelnen Austrittsöffnungen kann zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende hin aber auch bereichsweise abnehmen. Das heißt, dass die Querschnittsfläche der einzelnen Austrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsfernen Bereich kleiner ist, als die Querschnittsfläche der einzelnen Austrittsöffnungen in einem dosiereinrichtungsnäheren Bereich.

**[0023]** Zweckmäßigerweise ist das Innenrohr kreiszylinderförmig oder konusförmig ausgebildet. Diese Formen wirken sich, je nach eingesetzter Dosiereinrichtung und damit verbundener Ausbreitung der Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches, weiter positiv auf eine homogene Ausbreitung der Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches in dem Mischbereich aus. Bei einem konusförmigen Innenrohr weitet sich der Durchmesser des Innenrohrs zu dem der Dosiereinrichtung abgewandten Ende.

**[0024]** Die Zutrittsöffnungen sind vorteilhafterweise mit Abgasleitelementen versehen, welche aus der Haupterstreckung der Mantelfläche abstehen. Diese Abgasleitelemente dienen insbesondere zum einen zur Strömungsführung des Abgases und zum anderen verhindern sie den Austritt der Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches aus dem Mischbereich. Ferner wird den durch die Zutrittsöffnungen strömenden Abgas- teilströmen durch die Abgasleitelemente ein Drall eingeprägt und/oder die durch das spiralförmigen Gehäuseabschnitt erzeugte Drallbewegung verstärkt. Die Geometrie der Abgasleitelemente ist auf den jeweiligen Einzelfall abgestimmt zu wählen und insbesondere abhängig von der Ausbreitungscharakteristik der eingebrachten Flüssigkeit und/oder des eingebrachten Flüssigkeit-Gas-Gemisches im Mischbereich sowie den auftretenden Abgasvolumenströmen.

**[0025]** Dabei erstrecken sich die Abgasleitelemente zweckmäßigerweise zumindest in den Mischbereich. Daneben kann an einer Zutrittsöffnung aber auch zusätzlich ein Abgasleitelement vorgesehen sein, das sich in den Zwischenraum zwischen Mantelfläche des Innenrohrs und Gehäusewand erstreckt. Bevorzugt ist das Abgasleitelement oder sind beide Abgasleitelemente derart

geformt, dass sie, gesehen von der Längsmittelachse des Innenrohrs radial nach außen die Zutrittsöffnung blickdicht "verschließen", das heißt, dass ein von der Längsmittelachse und senkrecht zu dieser radial nach außen gehender (gedachter) Strahl die Zutrittsöffnung möglichst durchdringen kann.

**[0026]** Vorteilhafterweise sind die Abgasleitelemente einstückig an der Mantelfläche des Innenrohrs ausgebildet. Dies ermöglicht eine einfache und kostengünstige Fertigung.

**[0027]** In einer vorteilhaften Ausführungsform schließt die Projektion einer Öffnungsachse des Abgasleitelements auf eine durch die Zutrittsöffnung des Abgasleitelements verlaufende Mittellängsebene des Innenrohrs mit der Längsmittelachse des Innenrohrs einen Neigungswinkel von 5° bis 90°, bevorzugt von 30° bis 50°, besonders bevorzugt von 35° bis 40° ein. Bei einer Neigung der Abgasleitelemente unter einem derartigen Winkel kann insbesondere der Austritt der Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches aus dem Mischbereich besonders effektiv unterbunden werden. Hierbei verläuft die Mittellängsebene zum einen durch den Mittelpunkt der jeweiligen Zutrittsöffnung und zum anderen durch die Längsmittelachse des Innenrohrs und erstreckt sich entlang dieser Längsmittelachse. Mit anderen Worten handelt es sich bei dem Neigungswinkel um den Winkel, um den das Abgasleitelement aus der Grundmantelfläche des Innenrohrs, also aus der Mantelfläche ohne Berücksichtigung der Abgasleitelemente, absteht.

**[0028]** Zweckmäßigerweise schließt eine Öffnungsachse des Abgasleitelements mit einer durch die Zutrittsöffnung des Abgasleitelements verlaufenden Mittellängsebene des Innenrohrs einen Ausrichtungswinkel von 0° bis 90°, bevorzugt von 10° bis 90°, besonders bevorzugt von 20° bis 90° ein. Hierbei verläuft die Mittellängsebene zum einen durch den Mittelpunkt der jeweiligen Zutrittsöffnung und zum anderen durch die Längsmittelachse des Innenrohrs und erstreckt sich entlang dieser Längsmittelachse. Mit anderen Worten gibt der Ausrichtungswinkel denjenigen Winkel an, um den die Zutrittsöffnung aus einem in Richtung der Längsmittelachse des Innenrohrs ausgerichteten Verlauf "hinaus verdreht" ist. Bei einer Ausrichtung der Abgasleitelemente gemäß einem Ausrichtungswinkel von kleiner 90°, bewirken die Abgasleitelemente eine teilweise Umlenkung des Abgasteilstroms hin zur Hauptinjektionsrichtung. Dadurch wird insbesondere erreicht, dass das aus dem spiralförmigen Gehäuseabschnitt zuströmende Abgas durch die Zutrittsöffnungen und die daran angeordneten Abgasleitelemente in Abgasteilströme umgelenkt wird, welche eine gewisse in Hauptinjektionsrichtung der Dosiereinrichtung verlaufende Geschwindigkeitskomponente aufweisen, was wiederum zu einem homogenen Vermischen Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas beiträgt.

**[0029]** In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Dosiereinrichtung koaxial zu der Längsmittelachse des

Innenrohrs angeordnet. Dadurch wird eine mittige Zudosierung in den Mischbereich hinein ermöglicht, was sich weiter positiv auf die gleichmäßige Ausbreitung der Flüssigkeit und/oder des Flüssigkeit-Gas-Gemisches und somit auf das homogene Vermischen mit dem Abgas auswirkt.

**[0030]** Vorteilhafterweise entspricht der durch die Zutrittsöffnungen gebildete Durchtrittsquerschnitt 80% bis 300% des Eintrittsquerschnitts der Eintrittsöffnung, bevorzugt 90% bis 250%. Ein derartiges Verhältnis von Eintrittsquerschnitt zu Durchtrittsquerschnitt wirkt sich weiter positiv auf die homogene Zuströmung des Abgases in den Mischbereich aus.

**[0031]** Bevorzugt weist die Mantelfläche des Innenrohrs zusätzlich zu den Zutrittsöffnungen, insbesondere im Bereich eines axialen Endes des spiralförmigen Gehäuseabschnitts, einen zumindest teilweise umlaufenden Ringspalt auf, der als eine Art "Bypass" für das Abgas dient. Dabei kann im Bereich des Ringspalts optional ein Leitelement angeordnet sein, das eine Umlenkung eines durch den Ringspalt strömenden Abgasteilstroms zumindest teilweise in Hauptinjektionsrichtung der Dosiereinrichtung bewirkt.

**[0032]** Bevorzugt ist das Innenrohr derart in dem spiralförmigen Gehäuseabschnitt angeordnet, dass in Umfangsrichtung zwischen dem Innenrohr und der Gehäusewand stets ein vom Verlauf der Spiralform abhängiger Abstand ausgebildet ist. Hierdurch ist zwischen Innenrohr und Gehäusewand in Umfangsrichtung gesehen stets ein Zwischenraum vorhanden und keine "Sackgasse" gebildet, an der sich das einströmende Abgas anstauen würde. Dies trägt weiter positiv zu einem homogenen Strömungsverlauf durch den spiralförmigen Gehäuseabschnitt bei.

**[0033]** Die zweite Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Mischen eines Abgases mit einer Flüssigkeit und/oder einem Flüssigkeit-Gas-Gemisches unter Verwendung einer vorstehend beschriebenen Mischvorrichtung.

**[0034]** Mit diesem Verfahren wird ein möglichst homogenes Vermischen einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches mit dem Abgas unabhängig oder nur unter geringem Einfluss des zuströmenden Abgasvolumenstroms ermöglicht. Dadurch, dass das Abgas über einen entlang der Zutrittsöffnungen des Innenrohrs verlaufenden spiralförmigen Gehäuseabschnitt zuströmt, stellen sich an der außen liegenden Mantelfläche des Innenrohres annähernd gleiche Strömungs- und Druckverhältnisse ein, so dass insbesondere in Umfangsrichtung gesehen eine gleichmäßige Zuführung des Abgases über die Zutrittsöffnungen in den Mischbereich erfolgt und sich im Mischbereich rotationssymmetrische Strömungsverhältnisse ausbilden können.

**[0035]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Mischvorrichtung,

Fig. 2 in einer schematischen Längsschnittdarstellung gemäß Schnittpunktlinie A-A die Mischvorrichtung aus Fig. 1,

Fig. 3 in einer schematischen Querschnittdarstellung gemäß Schnittpunktlinie B-B die Mischvorrichtung aus Fig. 2,

Fig. 4 in einer schematischen Darstellung einen spiralförmigen Gehäuseabschnitt einer alternativen Ausführungsform,

Fig. 5 in einer schematischen Darstellung ein Innenrohr in einer weiteren Ausführungsform,

Fig. 6 in einer schematischen Längsschnittdarstellung gemäß Schnittpunktlinie E-E einen vergrößerten Ausschnitt des Innenrohrs aus Fig. 5,

Fig. 7 in einer schematischen Längsschnittdarstellung verschiedene Ausführungsformen eines Abgasleitelements,

Fig. 8 in einer schematischen Längsschnittdarstellung eine Mischvorrichtung in einer alternativen Ausführungsform,

Fig. 9a - 9c in schematischen Längsschnittdarstellungen eines vergrößerten Ausschnitts C verschiedene Ausführungsformen eines Leitelements und eines Innenrohrs aus Fig. 8.

**[0036]** In Fig. 1 ist in einer schematischen Darstellung eine Mischvorrichtung 2 zur Nachbehandlung von Abgasen in einer Abgasanlage einer Brennkraftmaschine dargestellt. Dabei ist die Mischvorrichtung 2 einem SCR-Katalysator strömungstechnisch vorgeschaltet. Die Mischvorrichtung 2 umfasst ein Gehäuse 4 und ein innerhalb des Gehäuses 4 angeordnetes, kreiszylinderförmiges Innenrohr 6. Im Inneren des Innenrohres 6 ist ein Mischbereich 8 ausgebildet.

**[0037]** Fig. 2 zeigt in einer schematischen Längsschnittdarstellung gemäß Schnittpunktlinie A-A die Mischvorrichtung 2 aus Fig. 1. Dabei ist wiederum das in dem Gehäuse 4 angeordnete Innenrohr 6 mit dem in seinem Inneren ausgebildeten Mischbereich 8 zu erkennen. Koaxial zu der Längsmittelachse des Innenrohrs 6 ist eine Dosiereinrichtung 10 an einer Stirnseite des Gehäuses 4 angebracht. Die Dosiereinrichtung 10 dient der Zuführung eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches in den Mischbereich 8 über eine Düse 12 in Form eines Sprays 14. Die Flüssigkeit ist dabei eine Harnstofflösung.

**[0038]** Das Innenrohr 6 weist an seiner Mantelfläche 16 Zutrittsöffnungen 18 auf, durch welche Abgase in den Mischbereich 8 einleitbar sind. Die Zutrittsöffnungen 18 sind mit Abgasleitelementen 20 versehen, welche aus der Haupterstreckung der Mantelfläche 16 abstehen. Diese Abgasleitelemente 20 dienen insbesondere zum einen zur Strömungsführung des Abgases und zum anderen verhindern sie den Austritt des Sprays 14 aus dem Mischbereich 8. Dabei sind die Abgasleitelemente 20 einstückig an der Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6 ausgebildet, was eine einfache und kostengünstige Fertigung ermöglicht.

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung eine

**[0039]** Die Anzahl der Zutrittsöffnungen 18 nimmt hierbei zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten axialen Ende des Innenrohrs 6 hin stetig ab. Hierfür nimmt der Abstand zweier benachbarter Zutrittsöffnungen 18 in axialer Richtung und in Umfangsrichtung zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten axialen Ende des Innenrohrs 6 hin zu. Dadurch wird eine Abnahme des durch die Zutrittsöffnungen 18 gebildeten Durchtrittsquerschnitts zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten axialen Ende des Innenrohrs 6 hin realisiert. Weiter ist in Fig. 2 zu erkennen, dass die Zutrittsöffnungen 18 um einen in Richtung der Längsmittelachse des Innenrohrs 6 ausgerichteten Verlauf "hinaus verdreht" sind.

**[0040]** Ferner umfasst das Gehäuse 4 einen spiralförmigen Gehäuseabschnitt 20, der sich entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen 18 des Innenrohrs 6 erstreckt, das heißt, sämtliche Zutrittsöffnungen 18 des Innenrohrs 6 sind innerhalb dieses spiralförmigen Gehäuseabschnitts 20 angeordnet.

**[0041]** Über eine Eintrittsöffnung 24 erstreckt sich ein kreiszylinderförmig ausgebildetes Abgaseinlassrohr 26 in das Gehäuse 4. Mit anderen Worten ist das Abgaseinlassrohr 26 durch die Eintrittsöffnung 24 in das Gehäuse 4 geführt. Hierzu entspricht der Außendurchmesser des Abgaseinlassrohres 26 im Wesentlichen dem Durchmesser der Eintrittsöffnung 24. Die Längsmittelachse des Abgaseinlassrohres 26 und die Längsmittelachse des Innenrohrs 6 sind parallel zueinander ausgerichtet und das Abgaseinlassrohr 26 erstreckt sich axial entlang des gesamten spiralförmigen Gehäuseabschnitts 22. Entlang des spiralförmigen Gehäuseabschnitts 22 weist das Abgaseinlassrohr 26 zudem Austrittsöffnungen 28 auf. Die Austrittsöffnungen 28 sind vollumfänglich an der Umfangsfläche 30 des Abgaseinlassrohres 26 angeordnet und weisen eine kreisförmige Geometrie auf.

**[0042]** Im Betrieb strömt ein der Mischvorrichtung 2 zugeführter Abgaszustrom 32 zunächst über das Abgaseinlassrohr 26 in Richtung Gehäuse 4 und strömt dabei über die Austrittsöffnungen 28 in den spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22. Der Abgaszustrom 32 wird also beim Austritt aus dem Abgaseinlassrohr 26 durch die Austrittsöffnungen 28 aus einer axialen Richtung in eine radiale Richtung "umgelenkt" bzw. wird ihm zumindest eine radiale Geschwindigkeitskomponente erteilt. Ferner wird der Abgaszustrom 32 entlang des gesamten mit Austrittsöffnungen 28 versehenen Abschnitts des Abgaseinlassrohres 26 relativ homogen dem spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22 zugeführt.

**[0043]** Dadurch, dass sich der spiralförmige Gehäuseabschnitt 22 entlang sämtlicher Austrittsöffnungen 28 und insbesondere entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen 18 erstreckt, wird gewährleistet, dass an der Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6, entlang des mit Zutrittsöffnungen 18 versehenen Abschnitts, annähernd gleiche Strömungs- und Druckverhältnisse herrschen. Dadurch erfolgt insbesondere in Umfangsrichtung gesehen eine gleichmäßige Zuführung von Abgasteilströmen über die Zutrittsöffnungen 18 in den Mischbereich 8 und es kön-

nen sich im Mischbereich 8 rotationssymmetrische Strömungsverhältnisse ausbilden. Dadurch kann sich das Spray 14 in dem Mischbereich 8 homogen ausbreiten, da insbesondere in Umfangsrichtung um die zentrale Hauptströmungsachse des Sprays 14, welche bei einer derartigen Anordnung im Wesentlichen der Längsmittelachse des Innenrohrs 6 entspricht, annähernd gleichmäßige Strömungs- und Druckverhältnisse vorliegen. Dies sorgt für ein homogenes Vermischen des Sprays 14 mit dem über die Zutrittsöffnungen 18 in Form von Abgasteilströmen zugeführten Abgas.

**[0044]** Da der aus axialer Richtung in das Abgaseinlassrohr 26 einströmende Abgaszustrom 32, welcher axial zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten axialen Ende strömt, sich zumindest zeitweise in diesem Endbereich des Abgaseinlassrohres 26 anstauen kann, ist der Abgasvolumenstrom, der durch die Austrittsöffnungen 28 strömt, die sich in diesem Bereich befinden, zumindest zeitweise größer, als der Abgasvolumenstrom, welcher durch die Austrittsöffnungen 28 eines dosiereinrichtungsnäheren Bereichs strömt.

**[0045]** Durch die stetige Abnahme der Anzahl der Zutrittsöffnungen 18 zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten axialen Ende des Innenrohrs 6 hin wird dennoch erreicht, dass das in das Innenrohr 6 strömende Abgas, auch axial entlang des gesamten mit Zutrittsöffnungen 18 versehenen Abschnitts, äußerst homogen in den Mischbereich 8 strömt. Dies wirkt sich weiter positiv auf gleichmäßige Strömungs- und Druckverhältnisse im Mischbereich 8 und somit auf das homogene Vermischen des Sprays 14 mit dem Abgas aus.

**[0046]** Weiterhin wird durch die dargestellte Ausrichtung der Zutrittsöffnungen 18 und damit insbesondere der jeweiligen Abgasleitelemente 20 teilweise eine Umlenkung der durch die Zutrittsöffnungen 18 strömenden Abgasteilströme hin zur Hauptinjektionsrichtung des Sprays 14 bewirkt. Die insbesondere im dosiereinrichtungsnahen Bereich abgelenkten Abgasteilströme erhalten also eine gewisse in Hauptinjektionsrichtung der Dosiereinrichtung 10 verlaufende Geschwindigkeitskomponente. Das trägt zusätzlich zu einem homogenen Vermischen des Sprays 14 mit dem Abgas bei, da insbesondere im dosiereinrichtungsnahen Bereich keine oder nur eine sehr geringe Ablenkung des Sprays 14 erfolgt.

**[0047]** Aus dem Innenrohr 6 und schließlich aus dem Gehäuse 4 strömt in axialer Richtung somit ein homogen vermisches Spray-Abgas-Gemisch dem SCR-Katalysator zu.

**[0048]** Fig. 3 zeigt in einer schematischen Querschnittsdarstellung gemäß Schnittlinie B-B die Mischvorrichtung aus Fig. 2. Hierbei ist insbesondere die Anordnung des Innenrohrs 6 in dem spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22 zu erkennen. Aufgrund der durch die Spiralform in Umfangsrichtung bedingten Volumenverkleinerung des Zwischenraums zwischen Innenrohr 6 und Gehäusewand, wird dazu beigetragen, dass an der außen liegenden Mantelfläche 8 des Innenrohrs 6 entlang des Umfangs annähernd gleiche Druck- und Strömungsverhält-

nisse herrschen, wodurch eine möglichst gleichmäßige Zuführung des Abgases in den Mischbereich 8 erfolgen kann.

**[0049]** In Fig. 4 ist in einer schematischen Darstellung ein spiralförmiger Gehäuseabschnitt 22 einer alternativen Ausführungsform dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, dass das Innenrohr 6 derart in dem spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22 angeordnet ist, dass in Umfangsrichtung zwischen dem Innenrohr 6 und der Gehäusewand stets ein vom Verlauf der Spiralform abhängiger Abstand  $s$  ausgebildet ist. Hierdurch ist zwischen Innenrohr 6 und Gehäusewand in Umfangsrichtung gesehen stets ein Zwischenraum vorhanden und keine "Sackgasse" gebildet, an der sich einströmendes Abgas anstauen könnte. Dies trägt weiter positiv zu einem homogenen Strömungsverlauf durch den spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22 bei. Der Krümmungsradius des spiralförmigen Gehäuseabschnitts 22 verhält sich gemäß folgender Spiralgleichung:

$$r(\varphi) = (D + s) / 2 + A - \varphi / 360 * A$$

**[0050]** In dieser Gleichung bedeuten  $r$  der Krümmungsradius,  $D$  der Durchmesser des Innenrohrs 6,  $s$  der Abstand der Mantelfläche 8 des Innenrohrs 6 von der Gehäusewand des spiralförmigen Gehäuses 22 und  $A$  der Querschnitt der Zuströmöffnung des spiralförmigen Gehäuses.

**[0051]** Fig. 5 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Innenrohr 6 in einer weiteren Ausführungsform. Hierbei sind die an der Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6 angeordneten Zutrittsöffnungen 18 und die an den Zutrittsöffnungen 18 einstückig ausgebildeten Abgasleitelemente 20 dargestellt. Die Zutrittsöffnungen 18 und die Abgasleitelemente 20 sind aus einem in Richtung der Längsmittelachse des Innenrohrs 6 ausgerichteten Verlauf um einen Ausrichtungswinkel  $\alpha$  "hinaus verdreht". Der Ausrichtungswinkel  $\alpha$  ist dabei zwischen einer Öffnungsachse 36 eines Abgasleitelements 20 und einer durch die Zutrittsöffnung 18 des Abgasleitelements 20 verlaufenden Mittellängsebene 38 des Innenrohrs 6 eingeschlossen. Hierbei verläuft die Mittellängsebene 38 zum einen durch den Mittelpunkt der jeweiligen Zutrittsöffnung 18 und zum anderen durch die Längsmittelachse des Innenrohrs 6 und erstreckt sich entlang dieser Längsmittelachse. Bei einer Ausrichtung der Abgasleitelemente 20 gemäß einem Ausrichtungswinkel  $\alpha$  von kleiner  $90^\circ$ , bewirken die Zutrittsöffnungen 18 und insbesondere die Abgasleitelemente 20 eine gewisse Umlenkung des durch die Zutrittsöffnungen 18 strömenden Abgasteilstroms hin zur Hauptinjektionsrichtung einer Dosiereinrichtung 10. Dabei nimmt der Ausrichtungswinkel  $\alpha$  axial nach rechts hin, das heißt, axial zu einem einer Dosiereinrichtung 10 abgewandten Ende hin, zu. Die Größe der Ausrichtungswinkel  $\alpha$  und insbesondere die Zunahme axial nach rechts hin, ist dabei insbesondere abhängig von der im Einzelfall eingesetzten Dosiereinrichtung 10

und Düse 12, sowie von den Abgasvolumenströmen, die durch die Zutrittsöffnungen 18 in den Mischbereich 8 des Innenrohrs 6 strömen.

**[0052]** Fig. 6 zeigt in einer schematischen Längsschnittsdarstellung gemäß Schnittlinie E-E einen vergrößerten Ausschnitt des Innenrohrs aus Fig. 5. Hierbei sind die an der Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6 angeordneten Zutrittsöffnungen 18 und insbesondere die an den Zutrittsöffnungen 18 einstückig ausgebildeten Abgasleitelemente 20 zu erkennen. An jeder Zutrittsöffnung 18 erstreckt sich ein Abgasleitelement 20 in einen Mischbereich 8 und ein weiteres Abgasleitelement 20 erstreckt sich in einen Zwischenraum zwischen Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6 und einer Gehäusewand eines Gehäuses 4, in dem das Innenrohr 6 angeordnet ist. Dabei sind die jeweils beiden Abgasleitelemente 20 einer Zutrittsöffnung 18 derart geformt, dass sie, gesehen von einer Längsmittelachse des Innenrohrs 6 radial nach außen die Zutrittsöffnung möglichst blickdicht "verschließen". Auf diese Weise wird ein Austritt eines durch eine Dosiereinrichtung 10 in einen im Inneren des Innenrohrs 6 gebildeten Mischbereich 8 besonders effektiv unterbunden. Die dargestellten Abgasleitelemente 20 stehen hierbei unter einem Neigungswinkel  $\beta$  aus der Grundmantelfläche des Innenrohrs 6, also aus der Mantelfläche 8 ohne Berücksichtigung der Abgasleitelemente 20, ab.

**[0053]** In Fig. 7 sind in einer schematischen Längsschnittsdarstellung verschiedene Ausführungsformen eines Abgasleitelements 20 dargestellt, welche an Zutrittsöffnungen 18 einer Mantelfläche 16 eines Innenrohrs 6, welches in einem Gehäuse 4 eingebaut ist, angeordnet sind. In V1 ist nur ein Abgasleitelement 20 an einer Zutrittsöffnung 18 angeordnet, das sich in einen Zwischenraum zwischen der Mantelfläche 16 und einer Gehäusewand des Gehäuses 4 erstreckt. V2 zeigt eine Zutrittsöffnung 18, an der ein Abgasleitelement 20 angeordnet ist, das sich in einen innerhalb eines Innenrohrs 6 ausgebildeten Mischbereich 8 erstreckt. V3 entspricht der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform.

**[0054]** Fig. 8 zeigt in einer schematischen Längsschnittsdarstellung eine Mischvorrichtung 2 in einer alternativen Ausführungsform. Hierbei entspricht die Mischvorrichtung 2 im Wesentlichen der in Fig. 1 bis Fig. 3 gezeigten Mischvorrichtung. Im Gegensatz dazu nimmt der Abstand zweier axial benachbarter Austrittsöffnungen 28 des Abgaseinlassrohrs 26 in axialer Richtung zu dem der Eintrittsöffnung 24 abgewandten axialen Ende des Abgaseinlassrohrs 26 hin zu. Folglich nimmt die Anzahl der Austrittsöffnungen 28 zu dem der Eintrittsöffnung 24 abgewandten Ende hin ab. Damit wird erreicht, dass der in das Abgaseinlassrohr 26 hineinströmende Abgaszustrom 32 entlang des gesamten mit Austrittsöffnungen 28 versehenen Abschnitts des Abgaseinlassrohrs 26 möglichst homogen in den spiralförmigen Gehäuseabschnitt 22 strömt.

**[0055]** Zudem weist die Mantelfläche 16 des Innenrohrs 6 im dosiereinrichtungsnahen Bereich einen umlaufenden Ringspalt auf, der als Bypasskanal 40 für das



Abgas dient. Ein Leitelement 42 ist an der und koaxial zu der Dosiereinrichtung 10 angeordnet und ragt axial in den Mischbereich 8 des Innenrohrs 6 hinein. Das Leitelement 42 verhindert eine Beaufschlagung des Sprays 14 mit dem den Bypasskanal 40 passierenden Abgasteilstrom im dosiereinrichtungsnahen Bereich. Das Leitelement 42 lenkt ferner diesen Abgasteilstrom in die axiale Hauptinjektionsrichtung um. Hierzu ist das Leitelement 42 ringartig und vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet und in seinem Querschnitt an seiner Außenfläche zu dem der Dosiereinrichtung 10 abgewandten Ende hin verjüngend ausgebildet.

**[0056]** Fig. 9a - 9c zeigen in schematischen Längsschnittdarstellungen verschiedene Ausführungsformen eines Leitelements 42 und eines Innenrohrs 6 eines vergrößerten Ausschnitts C aus Fig. 8. Hierbei sind zum einen die verschiedenen ausgestalteten Zutrittsöffnungen 18 zu erkennen. Zum anderen sind die Leitelemente 42 insbesondere hinsichtlich ihrer axialen und/oder radialen Erstreckung unterschiedlich ausgestaltet.

**[0057]** Dabei ist die axiale Erstreckung des der Dosiereinrichtung 10 abgewandten Endbereichs 44 des in Fig. 9b gezeigten Leitelements 42 verhältnismäßig groß gewählt. Dadurch kann ein Kontakt oder eine Benetzung des der Dosiereinrichtung 10 abgewandten, radial innerseitigen Endbereichs 44 des Leitelements 42 mit dem Spray 14 realisiert werden. Eine geringfügige und/oder temporäre Benetzung der Innenwand 46 des Leitelements 42 ist insbesondere im abgasdurchströmten Zustand vorteilhaft. Dadurch, dass sich ein geringer Teil des Sprays 14 zumindest temporär an der Innenwand 46 des Leitelements 42 ansetzt, wird ein gewisser Flüssigkeitsspeicher realisiert. Die Dosiereinrichtung 10 arbeitet in der Regel zeitweise. Damit kann während der Nichteinspritzzeiträume ein "Abbau" der an der Innenwand 46 des Leitelements 42 befindlichen Flüssigkeit erreicht werden. Dieser Effekt wird dadurch begünstigt, dass das Leitelement 42 dünnwandig ist und/oder außenseitig von dem durch den Bypasskanal 40 strömenden Abgasteilstrom erwärmt wird, so dass sich auch die an den Wandabschnitten der Innenwand 46 befindliche Flüssigkeit erwärmt. Diese Wärme erleichtert den Abtrenneffekt und Aufspaltungseffekt (Sekundäraufbruch) der sich an dem Leitelement 42 innenseitig anlegenden Flüssigkeitströpfchen. Mit anderen Worten wird durch den gezielten geringfügigen temporären Wandkontakt des Sprays 14 die Mischfunktion der Mischvorrichtung 2 weiter begünstigt.

**[0058]** Über die Auslegung der axialen Erstreckung des Leitelements 42 und insbesondere dessen der Dosiereinrichtung 10 abgewandten Endbereichs 44 kann auf konstruktiv einfache und effektive Weise der Grad des temporären Anhaftens der Flüssigkeit eingestellt werden. In der Regel ist die Dosiereinrichtung 10 und damit der Spraywinkel sowie die Dichte der Flüssigkeit vorgegeben. Diese Parameter beeinflussen die Ausbreitungseigenschaften des Sprays 14 abhängig von dem Abgasvolumenstrom. Soll nun eine Flüssigkeit mit einer

anderen Dichte und/oder eine Dosiereinrichtung 10 mit einem anderen Spraywinkel verbaut werden, so genügt es, wenn die Mischvorrichtung 2 durch Veränderung der axialen Erstreckung des Leitelements 42 und insbesondere dessen der Dosiereinrichtung 10 abgewandten Endbereichs 44 angepasst wird, um den oben beschriebenen Effekt (Sekundäraufbruch) einzustellen. Dies ermöglicht eine Modulbauweise und/oder ein Nachrüstsystem durch entsprechende Auswahl eines Leitelements 42 der bevorzugten axialen Erstreckung.

## Bezugszeichenliste

### [0059]

2	Mischvorrichtung
4	Gehäuse
6	Innenrohr
8	Mischbereich
10	Dosiereinrichtung
12	Düse
14	Spray
16	Mantelfläche
18	Zutrittsöffnung
20	Abgasleitelement
22	spiralförmiger Gehäuseabschnitt
24	Eintrittsöffnung
26	Abgaseinlassrohr
28	Austrittsöffnung
30	Umfangsfläche
32	Abgaszustrom
34	Spray-Gas-Gemisch
36	Öffnungsachse
38	Mittellängsebene
40	Bypasskanal
42	Leitelement
44	Endbereich
46	Innenwand
V1	Variante 1
V2	Variante 2
V3	Variante 3
$\alpha$	Ausrichtungswinkel
$\beta$	Neigungswinkel
s	Abstand

## Patentansprüche

1. Mischvorrichtung (2) zur Nachbehandlung von Abgasen in einer Abgasanlage einer Brennkraftmaschine, die ein Gehäuse (4) mit einer einen Eintrittsquerschnitt aufweisenden Eintrittsöffnung (24) und ein innerhalb des Gehäuses (4) angeordnetes Innenrohr (6) mit einem im Inneren des Innenrohres (6) ausgebildeten Mischbereich (8) umfasst, wobei an einer Stirnseite des Gehäuses (4) eine Dosiereinrichtung (10) zur Zuführung einer Flüssigkeit und/oder eines Flüssigkeit-Gas-Gemisches (14) an-

- geordnet ist, und wobei das Innenrohr (6) an seiner Mantelfläche (16) Zutrittsöffnungen (18) aufweist, durch welche die Abgase in den Mischbereich (8) einleitbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (4) einen spiralförmigen Gehäuseabschnitt (22) aufweist, wobei sich der spiralförmige Gehäuseabschnitt (22) zumindest entlang sämtlicher Zutrittsöffnungen (18) des Innenrohrs (6) erstreckt.
2. Mischvorrichtung (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein durch die Zutrittsöffnungen (18) gebildeter Durchtrittsquerschnitt zu dem der Dosiereinrichtung (10) abgewandten axialen Ende des Innenrohrs (6) hin abnimmt.
3. Mischvorrichtung (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Zutrittsöffnungen (18) zu dem der Dosiereinrichtung (10) abgewandten axialen Ende des Innenrohrs (6) hin zumindest bereichsweise abnimmt.
4. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsfläche der Zutrittsöffnungen (18) zu dem der Dosiereinrichtung (10) abgewandten axialen Ende hin zumindest bereichsweise abnimmt.
5. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich ein Abgaseinlassrohr (26) zumindest teilweise in das Gehäuse (4) erstreckt, wobei die Längsmittelachse des Abgaseinlassrohrs (26) und die Längsmittelachse des Innenrohrs (6) im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind.
6. Mischvorrichtung (2) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Abgaseinlassrohr (26) innerhalb des Gehäuses (4) zumindest entlang des spiralförmigen Gehäuseabschnitts (22) erstreckt, wobei das Abgaseinlassrohr (26) an seiner sich entlang des spiralförmigen Gehäuseabschnitts (22) erstreckenden Umfangsfläche (30) Austrittsöffnungen (28) aufweist.
7. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Innenrohr (6) kreiszylinderförmig oder konusförmig ausgebildet ist.
8. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zutrittsöffnungen (18) mit Abgasleitelementen (20) versehen sind, welche aus der Haupterstreckung der Mantelfläche (16) abstehen.
9. Mischvorrichtung (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Abgasleitelemente (20) zumindest in den Mischbereich (8) erstrecken.
10. Mischvorrichtung (2) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasleitelemente (20) einstückig an der Mantelfläche (16) des Innenrohrs (6) ausgebildet sind.
11. Mischvorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Projektion einer Öffnungsachse (36) des Abgasleitelements (20) auf eine durch die Zutrittsöffnung (18) des Abgasleitelements (20) verlaufende Mittellängsebene (38) des Innenrohrs (6) mit der Längsmittelachse des Innenrohrs (6) einen Neigungswinkel ( $\beta$ ) von  $5^\circ$  bis  $90^\circ$ , bevorzugt von  $30^\circ$  bis  $50^\circ$ , besonders bevorzugt von  $35^\circ$  bis  $40^\circ$  einschließt.
12. Mischvorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Öffnungsachse (36) des Abgasleitelements (20) mit einer durch die Zutrittsöffnung (18) des Abgasleitelements (20) verlaufenden Mittellängsebene (38) des Innenrohrs (6) einen Ausrichtungswinkel ( $\alpha$ ) von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ , bevorzugt von  $10^\circ$  bis  $90^\circ$ , besonders bevorzugt von  $20^\circ$  bis  $90^\circ$  einschließt.
13. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dosiereinrichtung (10) koaxial zu der Längsmittelachse des Innenrohrs (6) angeordnet ist.
14. Mischvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durch die Zutrittsöffnungen (18) gebildete Durchtrittsquerschnitt 80% bis 300% des Eintrittsquerschnitts der Eintrittsöffnung (24), bevorzugt 90% bis 250% beträgt.
15. Verfahren zum Mischen eines Abgases mit einer Flüssigkeit und/oder einem Flüssigkeit-Gas-Gemisches unter Verwendung einer Mischvorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

#### 45 Claims

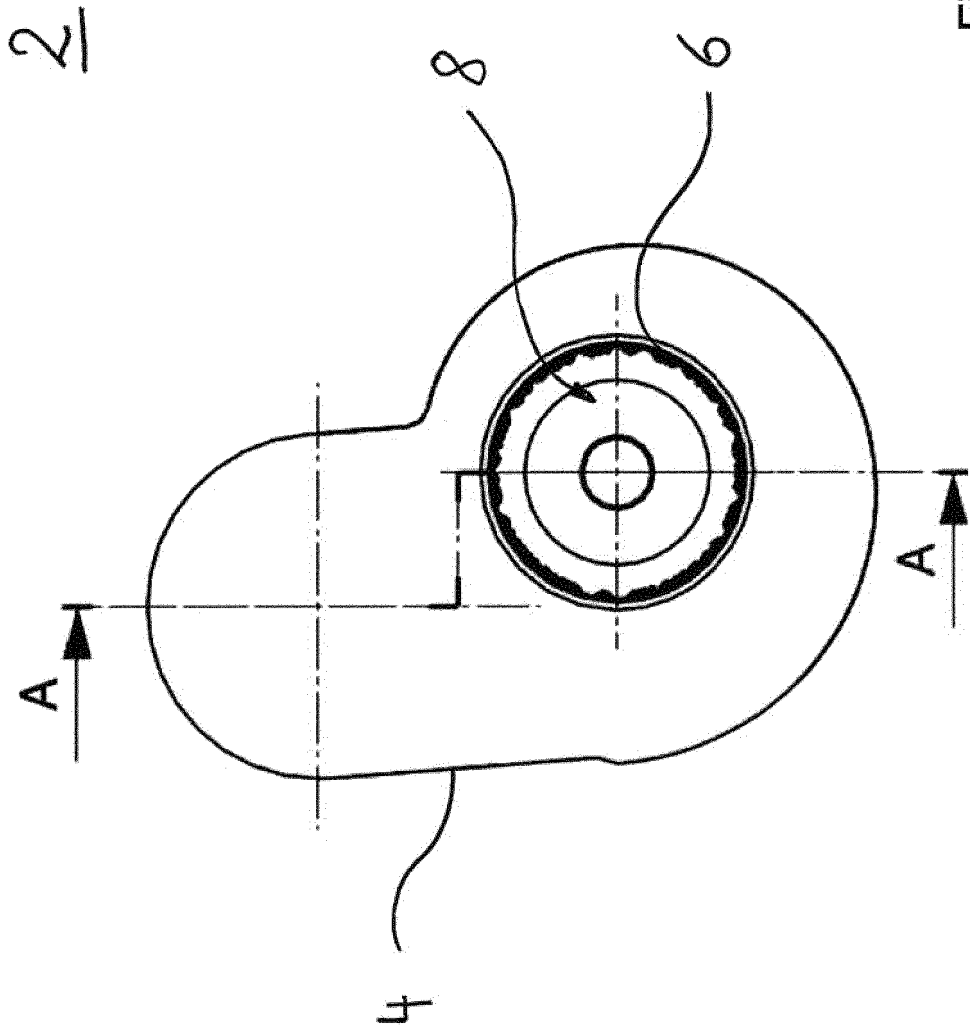
1. A mixing device (2) for the aftertreatment of exhaust gases in an exhaust system of an internal combustion engine, said mixing device comprising a housing (4) with an inlet opening (24) which has an inlet cross section, and comprising an inner pipe (6) which is arranged within the housing (4) and which has a mixing region (8) formed in the interior of the inner pipe (6), wherein on a face side of the housing (4) there is arranged a dosing device (10) for the supply of a liquid and/or of a liquid-gas mixture (14), and wherein the inner pipe (6) has, on its lateral surface (16), access openings (18) through which the exhaust gases

- can be introduced into the mixing region (8), **characterized in that** the housing (4) has a spiral-shaped housing portion (22), wherein the spiral-shaped housing portion (22) extends at least along all of the access openings (18) of the inner pipe (6).
2. The mixing device (2) according to Claim 1, **characterized in that** a passage cross section formed by the access openings (18) decreases in the direction of that axial end of the inner pipe (6) which faces away from the dosing device (10).
  3. The mixing device (2) according to Claim 2, **characterized in that** the number of access openings (18) decreases at least in regions in the direction of that axial end of the inner pipe (6) which faces away from the dosing device (10).
  4. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cross-sectional area of the access openings (18) decreases at least in regions in the direction of that axial end which faces away from the dosing device (10).
  5. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** an exhaust-gas inlet pipe (26) extends at least partially into the housing (4), wherein the longitudinal central axis of the exhaust-gas inlet pipe (26) and the longitudinal central axis of the inner pipe (6) are oriented substantially parallel to one another.
  6. The mixing device (2) according to Claim 5, **characterized in that** the exhaust-gas inlet pipe (26) extends within the housing (4) at least along the spiral-shaped housing portion (22), wherein the exhaust-gas inlet pipe (26) has outlet openings (28) on its circumferential surface (30) extending along the spiral-shaped housing portion (22).
  7. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inner pipe (6) is of circular cylindrical form or conical form.
  8. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the access openings (18) are provided with exhaust-gas guiding elements (20) which project out of the main extent of the lateral surface (16).
  9. The mixing device (2) according to Claim 8, **characterized in that** the exhaust-gas guiding elements (20) extend at least into the mixing region (8).
  10. The mixing device (2) according to Claim 8 or 9, **characterized in that** the exhaust-gas guiding elements (20) are formed integrally on the lateral surface (16) of the inner pipe (6).
  11. The mixing device (2) according to one of Claims 8 to 10, **characterized in that** the projection of an opening axis (36) of the exhaust-gas guiding element (20) onto a central longitudinal plane (38), which runs through the access opening (18) of the exhaust-gas guiding element (20), of the inner pipe (6) encloses an inclination angle ( $\beta$ ) of 5° to 90°, preferably of 30° to 50°, particularly preferably of 35° to 40°, with the longitudinal central axis of the inner pipe (6).
  12. The mixing device (2) according to one of Claims 8 to 11, **characterized in that** an opening axis (36) of the exhaust-gas guiding element (20) encloses an orientation angle ( $\alpha$ ) of 0° to 90°, preferably of 10° to 90°, particularly preferably of 20° to 90°, with a central longitudinal plane (38), which runs through the access opening (18) of the exhaust-gas guiding element (20), of the inner pipe (6).
  13. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the dosing device (10) is arranged coaxially with respect to the longitudinal central axis of the inner pipe (6).
  14. The mixing device (2) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the passage cross section formed by the access openings (18) amounts to 80% to 300% of the inlet cross section of the inlet opening (24), preferably 90% to 250%.
  15. A method for mixing an exhaust gas with a liquid and/or with a liquid-gas mixture, using a mixing device (2) according to one of Claims 1 to 14.

## Revendications

1. Dispositif de mélange (2) pour le post-traitement de gaz d'échappement dans un système d'échappement d'un moteur à combustion interne, qui comporte un boîtier (4) doté d'une ouverture d'admission (24) présentant une section transversale d'admission et un tube intérieur (6) disposé à l'intérieur du boîtier (4) et doté d'une région de mélange (8) réalisée à l'intérieur du tube intérieur (6), un dispositif de dosage (10) pour l'acheminement d'un liquide et/ou d'un mélange liquide/gaz (14) étant disposé sur un côté frontal du boîtier (4), et le tube intérieur (6) comprenant des ouvertures d'entrée (18) sur sa surface d'enveloppe (16), ouvertures d'entrée à travers lesquelles les gaz d'échappement peuvent être introduits dans la région de mélange (8), **caractérisé en ce que** le boîtier (4) comprend une partie de boîtier (22) en forme de spirale, la partie de boîtier (22) en forme de spirale s'étendant au moins le long de toutes les ouvertures d'entrée (18) du tube intérieur (6).

2. Dispositif de mélange (2) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'une** section transversale de passage formée par les ouvertures d'entrée (18) diminue en direction de l'extrémité axiale du tube intérieur (6) opposée au dispositif de dosage (10). 5
3. Dispositif de mélange (2) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le nombre d'ouvertures d'entrée (18) diminue au moins dans certaines régions en direction de l'extrémité axiale du tube intérieur (6) opposée au dispositif de dosage (10). 10
4. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'aire en section transversale des ouvertures d'entrée (18) diminue au moins dans certaines régions en direction de l'extrémité axiale opposée au dispositif de dosage (10). 15
5. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** tube d'arrivée de gaz d'échappement (26) s'étend au moins partiellement dans le boîtier (4), l'axe médian longitudinal du tube d'arrivée de gaz d'échappement (26) et l'axe médian longitudinal du tube intérieur (6) étant orientés sensiblement parallèlement l'un à l'autre. 20
6. Dispositif de mélange (2) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le tube d'arrivée de gaz d'échappement (26) s'étend à l'intérieur du boîtier (4) au moins le long de la partie de boîtier (22) en forme de spirale, le tube d'arrivée de gaz d'échappement (26) comprenant des ouvertures de sortie (28) sur sa surface périphérique (30) s'étendant le long de la partie de boîtier (22) en forme de spirale. 25 30
7. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube intérieur (6) est réalisé sous forme cylindrique circulaire ou sous forme conique. 35 40
8. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les ouvertures d'entrée (18) sont pourvues d'éléments de guidage de gaz d'échappement (20), lesquels font saillie à partir de l'étendue principale de la surface d'enveloppe (16). 45
9. Dispositif de mélange (2) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les éléments de guidage de gaz d'échappement (20) s'étendent au moins dans la région de mélange (8). 50
10. Dispositif de mélange (2) selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** les éléments de guidage de gaz d'échappement (20) sont réalisés d'une seule pièce sur la surface d'enveloppe (16) du tube intérieur (6). 55
11. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** la projection d'un axe d'ouverture (36) de l'élément de guidage de gaz d'échappement (20) sur un plan longitudinal médian (38), s'étendant à travers l'ouverture d'entrée (18) de l'élément de guidage de gaz d'échappement (20), du tube intérieur (6) forme avec l'axe médian longitudinal du tube intérieur (6) un angle d'inclinaison ( $\beta$ ) de 5° à 90°, de préférence de 30° à 50°, de manière particulièrement préférée de 35° à 40°.
12. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce qu'un** axe d'ouverture (36) de l'élément de guidage de gaz d'échappement (20) forme avec un plan longitudinal médian (38), s'étendant à travers l'ouverture d'entrée (18) de l'élément de guidage de gaz d'échappement (20), du tube intérieur (6) un angle d'orientation ( $\alpha$ ) de 0° à 90°, de préférence de 10° à 90°, de manière particulièrement préférée de 20° à 90°.
13. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de dosage (10) est disposé de manière coaxiale à l'axe médian longitudinal du tube intérieur (6).
14. Dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la section transversale de passage formée par les ouvertures d'entrée (18) vaut de 80% à 300% de la section transversale d'admission de l'ouverture d'admission (24), de préférence de 90% à 250%.
15. Procédé de mélange d'un gaz d'échappement avec un liquide et/ou un mélange liquide/gaz à l'aide d'un dispositif de mélange (2) selon l'une des revendications 1 à 14.



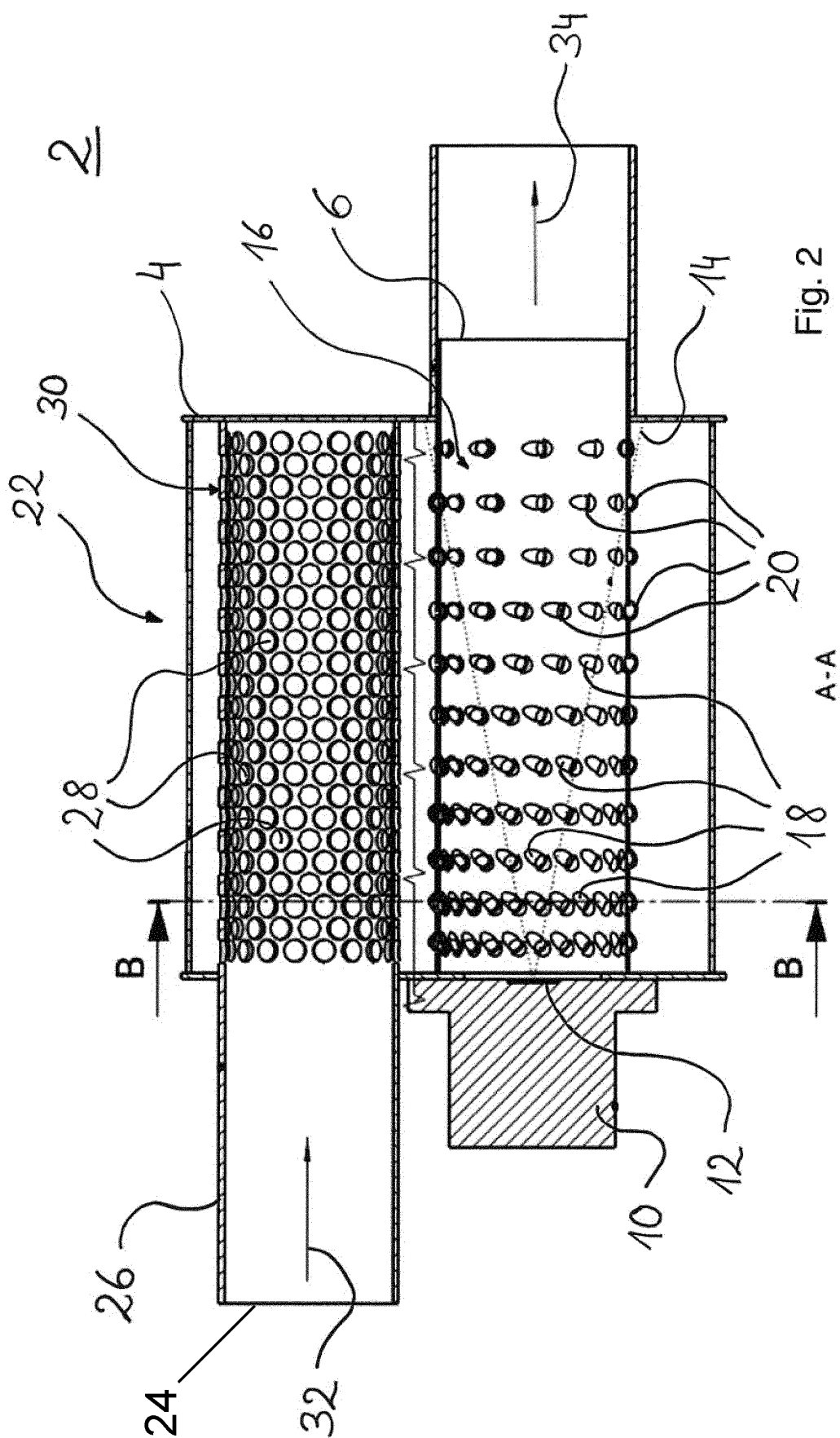
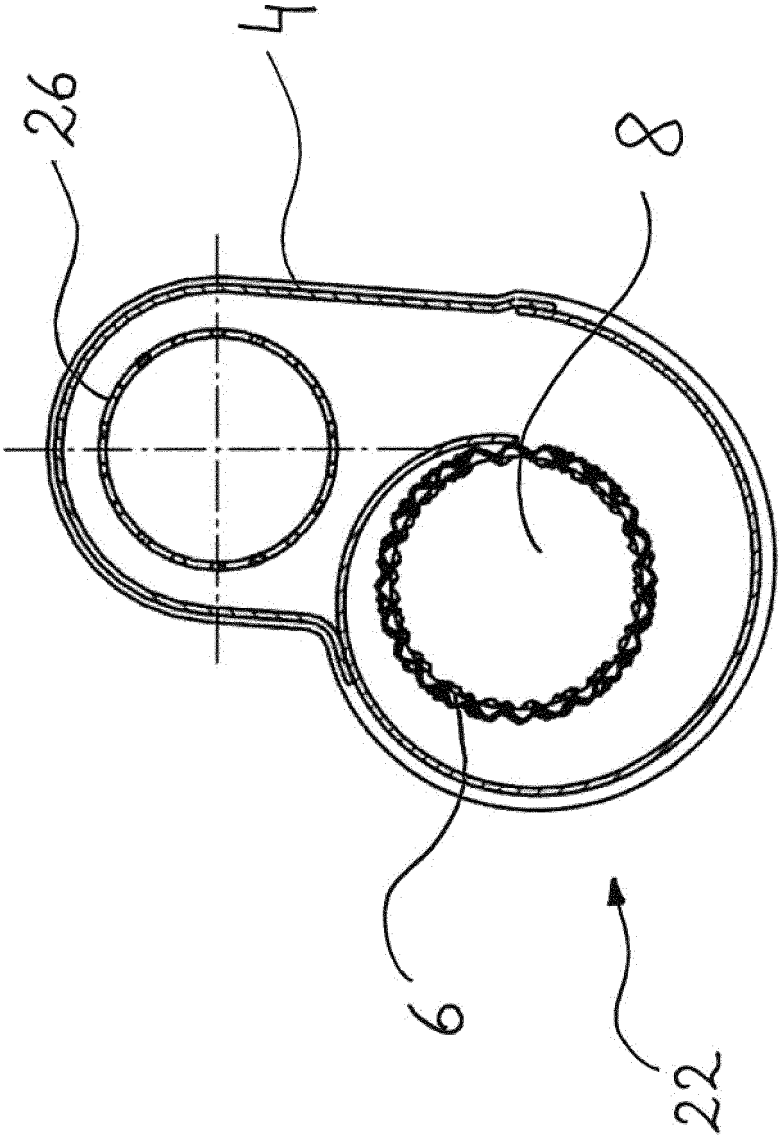


Fig. 2

2



B - B

Fig. 3

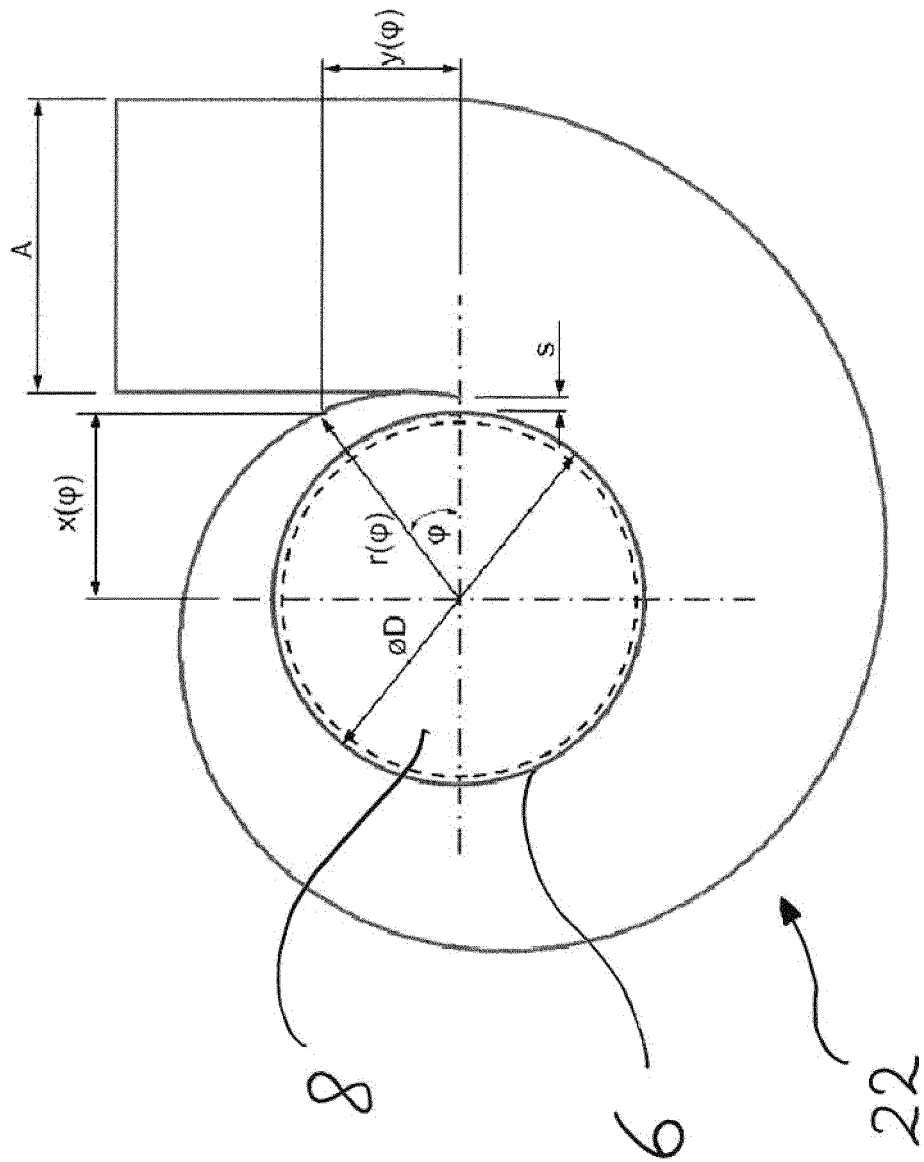


Fig. 4



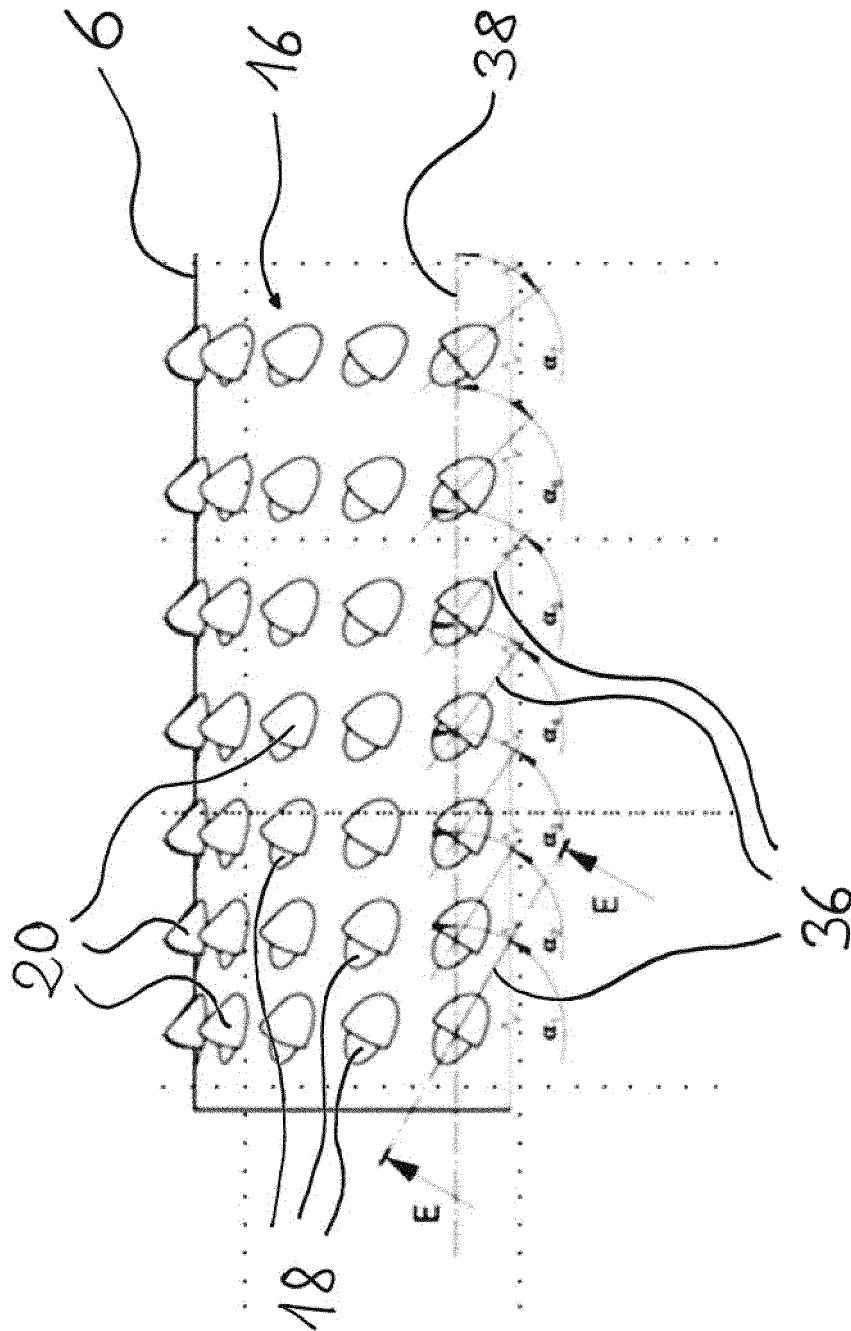


Fig. 5

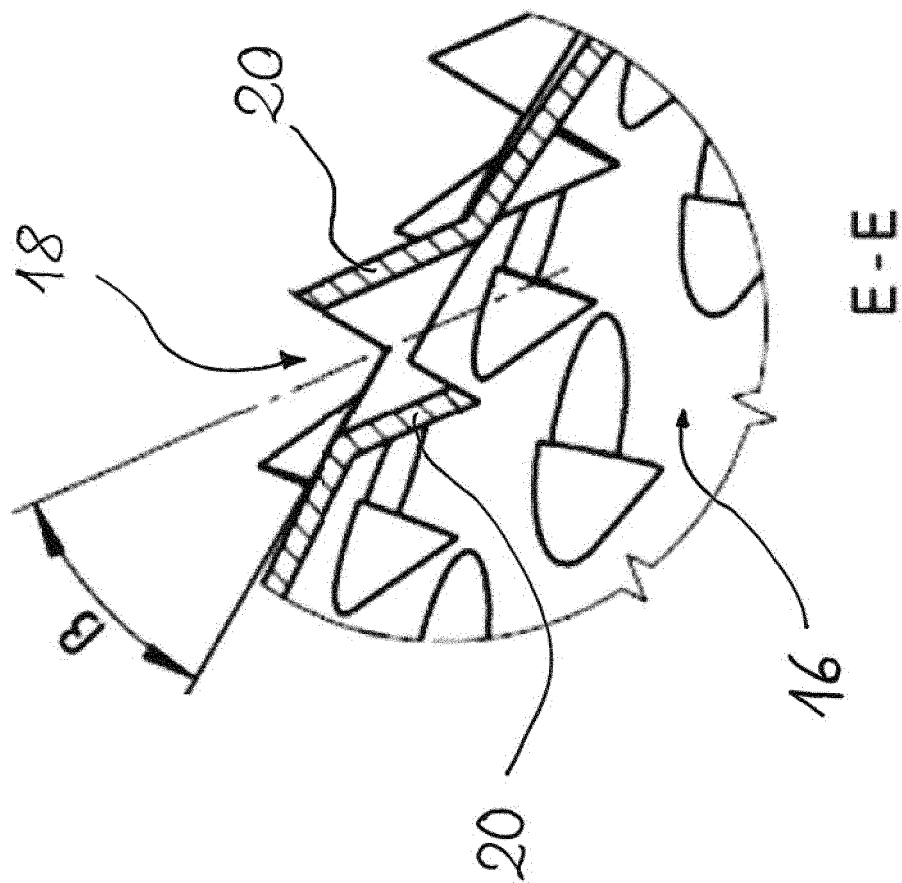


Fig. 6

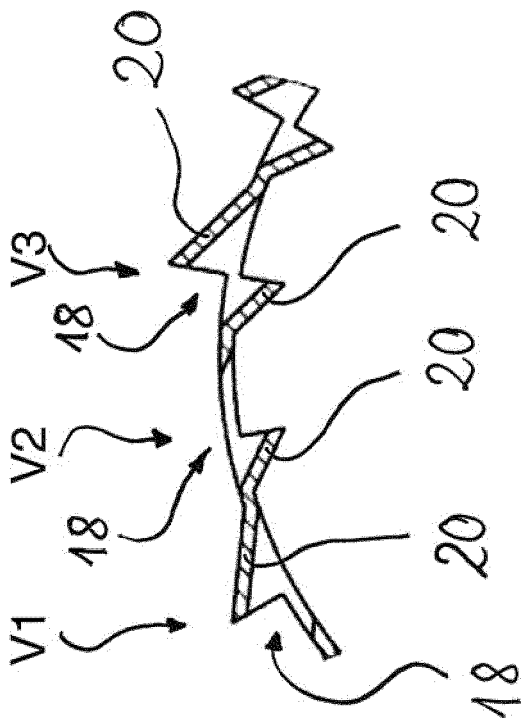
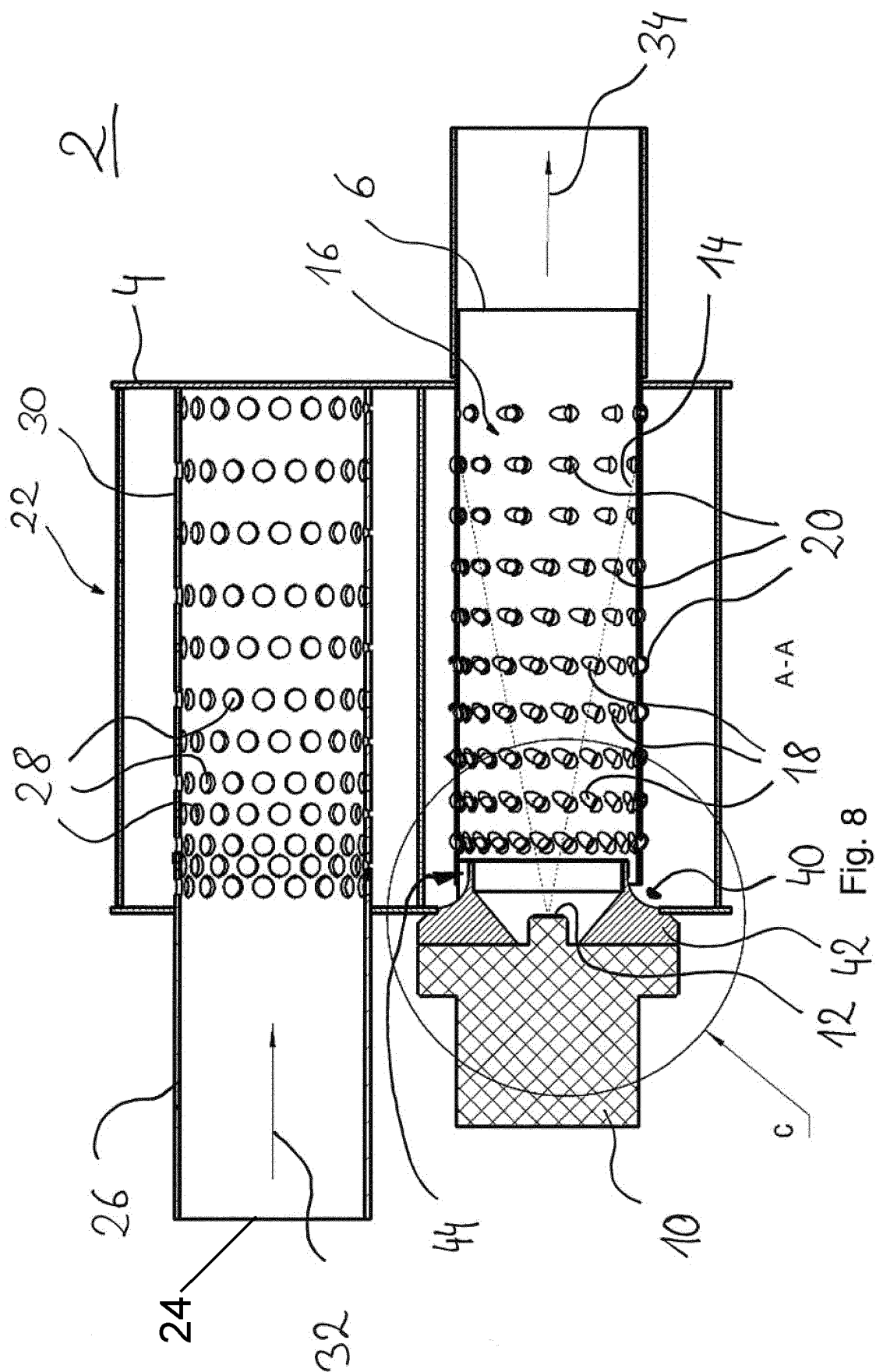
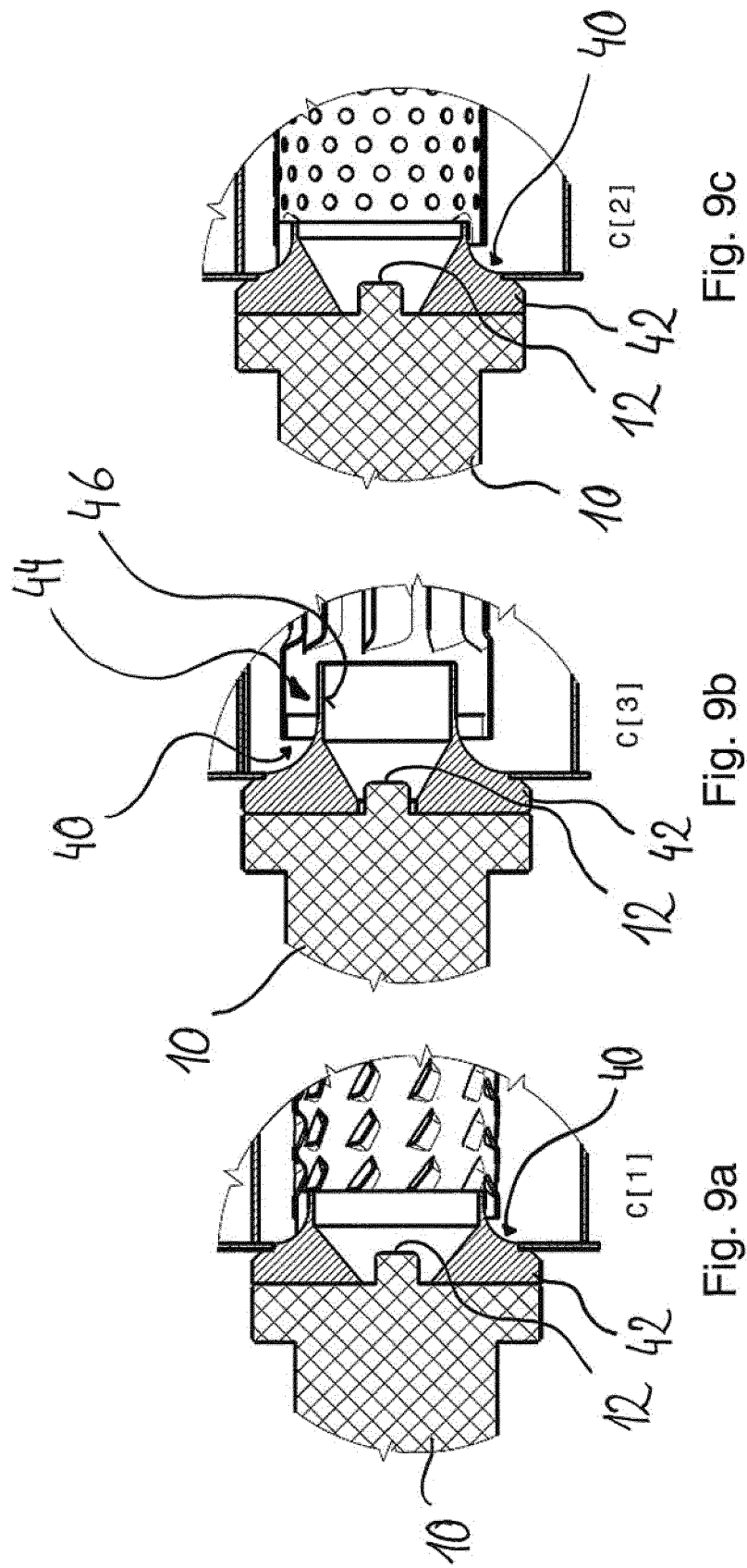


Fig. 7





**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4203807 A1 [0005]
- WO 2011163395 A1 [0006]
- FR 1323501 A [0007]
- DE 4012411 A1 [0008]
- US 2003079467 A1 [0009]
- US 2011167810 A1 [0009]