

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. Mai 2021 (20.05.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2021/094112 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01N 3/34 (2006.01) F15C 1/02 (2006.01)  
F02M 26/15 (2016.01) F15D 1/02 (2006.01)  
F15C 1/00 (2006.01) F16K 15/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/080572

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Oktober 2020 (30.10.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 217 473.6  
13. November 2019 (13.11.2019) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BAEUERLE, Michael**; Rohrheimer Weg 5, 71735 Eberdingen (DE).

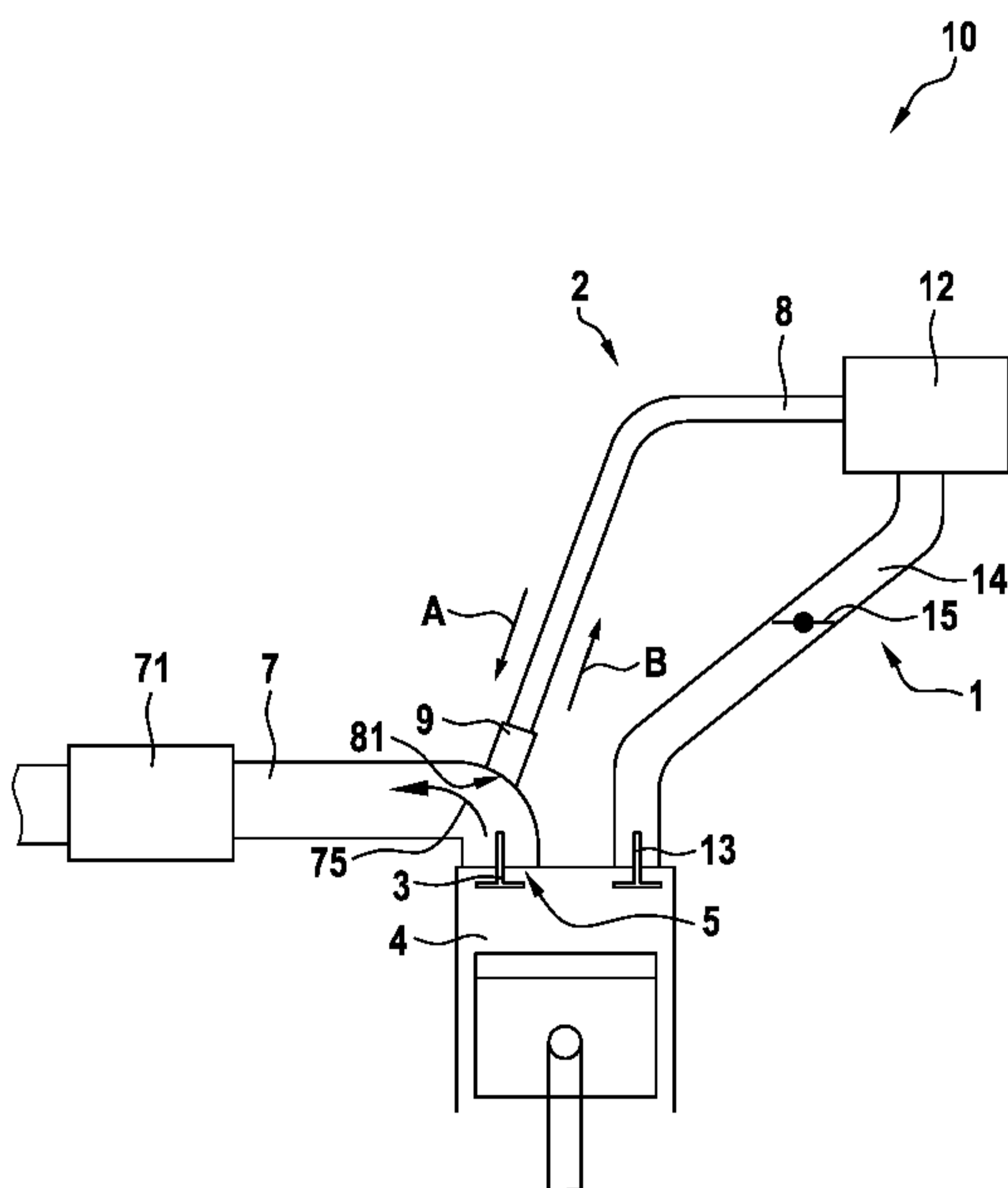
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING A SECONDARY AIR SYSTEM

(54) Bezeichnung: BRENNKRAFTMASCHINE MIT SEKUNDÄRLUFTSYSTEM

Fig. 1



(57) Abstract: The present invention relates to an internal combustion engine (10) comprising a primary air system (1) for providing fresh air, and a secondary air system (2) which is designed to divert secondary air from the primary air system (1) and to blow said air into an exhaust gas channel (7), wherein: the secondary air system (2) has a secondary air channel (8) which connects the primary air system (1) to the exhaust gas channel (7); the secondary air channel (8) has a return flow limiter (9) which can be passed through in a blow-in direction (A) and in a return flow direction (B) opposite to the blow-in direction (A); the return flow limiter (9) has a first flow resistance in the blow-in direction (A) and has a second flow resistance in the return flow direction (B); and the second flow resistance is greater than the first flow resistance.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (10), umfassend ein Primärluftsystem (1), zur Bereitstellung von Frischluft, und ein Sekundärluftsystem (2), welches eingerichtet ist, Sekundärluft von dem Primärluftsystem (1) abzuzweigen und in einen Abgaskanal (7) einzublasen, wobei das Sekundärluftsystem (2) einen Sekundärluftkanal (8) aufweist, welcher das Primärluftsystem (1) mit dem Abgaskanal (7) verbindet, wobei der Sekundärluftkanal (8) einen Rückflussbegrenzer (9) aufweist, welcher jeweils in Einblaserichtung (A) und in Rückflussrichtung (B) entgegen der Einblaserichtung (A) durchströmbar ausgebildet ist, wobei der Rückflussbegrenzer (9) in der Einblaserichtung (A) einen ersten Strömungswiderstand aufweist und in der Rückflussrichtung (B) einen zweiten Strömungswiderstand aufweist, und wobei der zweite Strömungswiderstand größer als der erste Strömungswiderstand ist.

WO 2021/094112 A1

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)*

5 Beschreibung

Titel

Brennkraftmaschine mit Sekundärluftsystem

10 Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine, welche ein Sekundärluftsystem mit einem Rückflussbegrenzer aufweist.

15 Bei einem Kaltstart benötigt ein Ottomotor üblicherweise ein „fettes Gemisch“, das heißt, ein Kraftstoff-Luft-Gemisch mit Kraftstoffüberschuss. Dadurch entstehen in der Kaltstartphase große Mengen an Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen. Da der Katalysator in dieser Phase seine Betriebstemperatur noch nicht erreicht hat, können diese schädlichen  
20 Abgasbestandteile ohne Nachbehandlung in die Umwelt entweichen. Um dies zu vermeiden und die Schadstoffe während der Kaltstartphase zu reduzieren, wird mit Hilfe eines Sekundärluftsystems sauerstoffreiche Umgebungsluft in das Abgassystem vor dem Katalysator eingeblasen. Dadurch kommt es zu einer Nachoxidation der Schadstoffe zu unschädlichem Kohlendioxid und Wasser. Die  
25 dabei entstehende Wärme heizt zusätzlich den Katalysator auf und verkürzt die Zeit bis zum Einsetzen der Lambdaregelung.

Offenbarung der Erfindung

30 Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bietet den Vorteil einer sehr einfachen und kostengünstigen Sekundärlufteinblasung, welche sich durch einen besonders niedrigen Energiebedarf bei hoher Heizleistung, um einen Katalysator schnell aufzuheizen, auszeichnet. Dies wird erfindungsgemäß erreicht durch eine  
35 Brennkraftmaschine, die ein Primärluftsystem und ein Sekundärluftsystem umfasst. Das Primärluftsystem stellt Frischluft, insbesondere für die Verbrennung in einem Brennraum der Brennkraftmaschine, bereit. Das Sekundärluftsystem ist

eingerrichtet, um Sekundärluft von dem Primärluftsystem abzuzweigen. Bevorzugt umfasst das Sekundärluftsystem dabei eine Sekundärluftpumpe, welche die Sekundärluft fördert. Vorzugsweise umfasst das Primärluftsystem einen Luftfilter, wobei das Sekundärluftsystem mit dem Luftfilter verbunden ist, um von diesem die Sekundärluft abzuzweigen. Besonders bevorzugt handelt es sich bei der Brennkraftmaschine um einen Ottomotor, welcher einen Katalysator zur Abgasnachbehandlung aufweist. Das Sekundärluftsystem ist dabei vorzugsweise für einen Kaltstart der Brennkraftmaschine vorgesehen, um eine Nachoxidation von im Abgassystem vorhandenen unverbrannten Kohlenwasserstoffen, die bei einem Kaltstart entstehen, stromauf des Katalysators zu bewirken. Dadurch kann die Menge an schädlichen Abgasbestandteilen beim Kaltstart reduziert werden, vor allem indem der Katalysator durch die bei der Nachoxidation entstehende Wärme besonders schnell auf Betriebstemperatur aufgeheizt wird.

Weiterhin umfasst das Sekundärluftsystem einen Sekundärluftkanal, welcher das Primärluftsystem mit dem Abgaskanal verbindet, also durch welchen die Sekundärluft zum Abgaskanal geleitet wird. Der Sekundärluftkanal weist dabei einen Rückflussbegrenzer auf, durch welchen die Sekundärluft hindurchströmt. Das heißt, der Rückflussbegrenzer ist ein Teil des, beispielsweise rohrförmigen, Sekundärluftkanals, sodass die Sekundärluft in jedem Betriebszustand den Rückflussbegrenzer zwangsläufig durchströmen muss. Der Rückflussbegrenzer ist dabei in Einblaserichtung, das heißt, vom Primärluftsystem in Richtung des Abgaskanals, und in eine zur Einblaserichtung entgegengesetzte Rückflussrichtung durchströmbär ausgebildet. Dabei weist der Rückflussbegrenzer dabei einen ersten Strömungswiderstand für die in Einblaserichtung hindurchströmende Sekundärluftströmung auf. In der Rückflussrichtung weist der Rückflussbegrenzer einen zweiten Strömungswiderstand auf. Der zweite Strömungswiderstand ist dabei, insbesondere signifikant, größer als der erste Strömungswiderstand. Vorzugsweise ist der Rückflussbegrenzer dabei so ausgebildet, um bei einer Durchströmung in der Rückflussrichtung einen zweiten Druckverlust zu erzeugen, welcher signifikant größer als ein erster Druckverlust bei Durchströmung in Einblaserichtung ist. Durch den größeren zweiten Strömungswiderstand erschwert der Rückflussbegrenzer ein Durchströmen des Sekundärluftkanals in Rückflussrichtung. Das heißt, ein Einströmen von Abgasen in das Sekundärluftsystem wird durch den Rückflussbegrenzer beschränkt, wobei insbesondere dennoch ein geringfügiges Rückströmen von Abgasen in

Rückflussrichtung möglich ist. Insbesondere ist somit kein vollständiger Verschluss des Sekundärluftkanals durch den Rückflussbegrenzer in und entgegen der Strömungsrichtung der Sekundärluft vorgesehen. Das heißt, vorzugsweise erlaubt der Rückflussbegrenzer in jedem Betriebszustand ein Hindurchströmen der Sekundärluft, was mit einer in jedem Betriebszustand durchgängigen, insbesondere kontinuierlichen, Stromlinie beschrieben werden kann. Besonders bevorzugt weist der Rückflussbegrenzer dabei einen freien unverschlossenen Strömungskanal auf, welcher in jedem Betriebszustand durchströmbar ist. Bevorzugt ist der Rückflussbegrenzer dabei als passives Bauteil, besonders bevorzugt ohne bewegliche Teile, ausgebildet. Die unterschiedlichen Strömungswiderstände bezüglich der beiden Durchströmungsrichtungen des Rückflussbegrenzers können dabei auf vielfältige Weise konstruktiv erzielt werden. Beispielsweise sind entsprechende Querschnittsübergänge von Rohrleitungen möglich. Eine mögliche Alternative ist ein sogenanntes Teslaventil.

Somit bietet die Brennkraftmaschine mit dem Sekundärluftsystem eine sehr einfache und zuverlässige Konstruktion, welche mit niedrigem konstruktiven Aufwand ein Rückströmen von Abgasen in das Sekundärluftsystem effizient vermindern kann. Insbesondere kann durch den Rückflussbegrenzer beispielsweise auf schaltbare Ventile zum Verhindern der Rückströmung, welche teuer, aufwendig und fehleranfällig sind, verzichtet werden. Zudem ermöglicht der Rückflussbegrenzer durch die passive Funktionalität eine sehr gut an die stark instationäre Abgasströmung angepasste Sekundärluftströmung, da ein Rückströmen von Abgasen in das Sekundärluftsystem effizient vermieden wird, und somit eine größere Sekundärluftmenge eingeblasen werden kann. Dadurch kann eine homogenere Nachreaktion der Abgase erreicht werden, um direkt niedrige Schadstoffkonzentrationen im Abgas zu erhalten und zudem um durch die dabei entstehende Wärme eine hohe Heizleistung zum Aufheizen des Katalysators zu erzielen.

Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

Bevorzugt ist der zweite Strömungswiderstand um mindestens 10 %, vorzugsweise mindestens 30 %, bevorzugt mindestens 50 %, und besonders bevorzugt mindestens 70 %, größer als der erste Strömungswiderstand. Dadurch

blockiert der Rückflussbegrenzer zuverlässig eine starke Rückströmung in der Rückflussrichtung.

5 Besonders bevorzugt weist der Rückflussbegrenzer eine sich in Einblaserichtung verjüngende düsenförmige Tellerscheibe auf. Die Tellerscheibe verjüngt sich dabei in Einblaserichtung hin zu einem minimalen Durchflussquerschnitt. Beispielsweise kann die Tellerscheibe dabei als sich konisch verjüngende Düse ausgebildet sein. Alternativ kann auch eine trompetenförmige Düse mit gekrümmten Verlauf als Tellerscheibe verwendet werden. Besonders bevorzugt ist die Tellerscheibe blechartig ausgebildet. Durch eine derartige Tellerscheibe ergibt sich auf besonders einfache Art und Weise ein von der Richtung der Durchströmung abhängiger Strömungswiderstand des Rückflussbegrenzers.

15 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Rückflussbegrenzer mehrere in Einblaserichtung hintereinander angeordnete Tellerscheiben aufweist. Solche gestapelten Tellerscheiben bieten dabei einen noch besseren Blockageeffekt, also einen höheren zweiten Strömungswiderstand in Rückflussrichtung, wobei der erste Strömungswiderstand niedrig gehalten wird, um eine effiziente Einblasung der Sekundärluft zu erhalten. Vorzugsweise sind die Tellerscheiben dabei jeweils in gleichmäßigen Abständen nacheinander entlang der Einblaserichtung angeordnet.

25 Weiter bevorzugt weisen die mehreren Tellerscheiben entlang der Einblaserichtung jeweils zunehmend größere minimale Durchflussquerschnitte auf. Vorzugsweise nehmen die Durchflussquerschnitte dabei gleichmäßig, insbesondere linear, zu. Dadurch ergibt sich entlang der Rückflussrichtung eine progressive Hemmung der Rückströmung, was sich besonders günstig auf einen hohen zweiten Strömungswiderstand auswirkt. Insbesondere wird hierdurch auch ein zu starker Blockageeffekt des Rückflussbegrenzers in der Einblaserichtung vermieden, da die Tellerscheiben vorzugsweise einen größeren minimaler Durchflussquerschnitt aufweisen können, wobei entgegengesetzt in der Rückflussrichtung dennoch ein ausreichend großer zweiter Strömungswiderstand erzielbar ist.

35 Vorteilhafterweise weisen die mehreren Tellerscheiben entlang der Einblaserichtung zunehmend kleinere axiale Längen auf. Vorzugsweise nehmen die axialen Längen der mehreren Tellerscheiben dabei in Einblaserichtung

gleichmäßig, insbesondere linear, ab. Dadurch können zu dem im vorangehenden Absatz analoge Effekte und Vorteile erzielt werden.

5 Bevorzugt ragt der Rückflussbegrenzer zumindest teilweise in den Abgaskanal hinein. Dadurch streicht die sehr heiße Abgasströmung aus einem Brennraum der Brennkraftmaschine über den Rückflussbegrenzer darüber und/oder durch diesen hindurch, beispielsweise, wenn der Rückflussbegrenzer eine offene Konstruktion aufweist. Dadurch kann der Rückflussbegrenzer von möglichen Ablagerungen, beispielsweise Rußablagerungen, frei gebrannt werden, wodurch  
10 sich eine besonders lange Lebensdauer und eine gleichmäßige, zuverlässige Funktion des Sekundärluftsystems erreichen lässt.

Vorzugsweise mündet der Sekundärluftkanal innerhalb des Abgaskanals in einen Ventilschatten eines Auslassventils der Brennkraftmaschine. Das heißt, der  
15 Sekundärluftkanal ragt ausgehend von einer inneren Wandung des Abgaskanals bis in den Abgaskanal hinein und endet innerhalb des Ventilschattens. Als Ventilschatten wird dabei eine brennraumabgewandte Projektion eines Ventiltellers des Auslassventils entlang einer axialen Richtung des Auslassventils angesehen. Vorzugsweise ist die axiale Richtung dabei im Wesentlichen parallel  
20 zu einer Ausströmrichtung, entlang welcher das Abgas aus dem Brennraum ausströmt, ausgerichtet. Der Sekundärluftkanal mündet somit vorzugsweise nahe an einem Ventilschaft des Auslassventils und in Durchströmungsrichtung des Abgaskanals betrachtet hinter dem Ventilteller in den Abgaskanal. In diesem Bereich kann insbesondere während des Ausströmens der Abgase aus dem  
25 Brennraum ein Rückströmungsgebiet vorliegen, wobei durch eine starke Verwirbelung in diesem Rückströmungsgebiet eine besonders gute Vermischung der Abgase mit der Sekundärluft erreicht werden kann.

Weiter bevorzugt liegt die Einblaserichtung an einem Auslassende des  
30 Sekundärluftkanals im Wesentlichen entgegengesetzt zu einer Hauptabgasströmungsrichtung. Die Hauptabgasströmungsrichtung ist dabei die mittlere Richtung des den Abgaskanal durchströmenden Abgases, also vom Brennraum wegweisend und insbesondere einer Kontur des Abgaskanals folgend. Dadurch können die beim Umströmen des Auslassventils auftretende  
35 dynamische Effekte der stark instationären Abgasströmung optimal genutzt werden für eine besonders gute Durchmischung von Sekundärluft und Abgas.

Besonders günstig ist es, wenn der Sekundärluftkanal außerhalb des Ventilschattens in den Abgaskanal mündet. Das heißt, der Sekundärluftkanal mündet insbesondere in einem Bereich des Abgaskanals, innerhalb welchem eine Strömungsrichtung im Wesentlichen der Geometrie des Abgaskanals folgt und vom Brennraum weg weist. Besonders bevorzugt liegt das Auslassende des Sekundärluftkanals dabei in einer Wandung des Abgaskanals. Vorzugsweise liegt die Einblaserichtung am Auslassende des Sekundärluftkanals dabei im Wesentlichen in Abgasströmungsrichtung, das heißt, die Einblaserichtung und die Abgasströmungsrichtung sind am Auslassende im Wesentlichen parallel zueinander, oder schließen einen spitzen Winkel zwischen sich ein, und zeigen in dieselbe Richtung. Dadurch können ebenfalls, beispielsweise durch das Vorbeistreichen der Abgasströmung am Auslassende, dynamische Effekte der stark instationären Abgasströmung genutzt werden, um eine besser mit der Abgasströmung synchronisierte Sekundärlufteinblasung zu erhalten.

Besonders bevorzugt umfasst die Brennkraftmaschine mehrere Zylinder, insbesondere mindestens zwei Zylinder, mit jeweils einem Rückflussbegrenzer pro Zylinder. Das heißt, pro Zylinder erfolgt jeweils separat eine Sekundärlufteinblasung in den entsprechenden vom Zylinder stromabwärts weg führenden Abgaskanal. Dabei ist vorzugsweise jeweils ein Rückflussbegrenzer pro Zylinder vorgesehen ist, um eine Rückströmung von Abgasen in das Sekundärluftsystem zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten. Alternativ können bevorzugt auch mehr als ein Abgaskanal pro Zylinder vorgesehen sein, wobei für jeden Abgaskanal jeweils ein Sekundärluftkanal mit jeweils einem Rückflussbegrenzer vorgesehen sein kann. Stromab der Sekundärlufteinblasestellen können die Abgaskanäle vorzugsweise in einem Abgas-Sammler zusammengeführt werden, wobei insbesondere noch weiter stromab bevorzugt der einzige Katalysator der Brennkraftmaschine vorgesehen ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. Gleiche bzw. funktional gleiche Bauteile sind stets mit denselben Bezugszeichen versehen. In der Zeichnung ist:

- Figur 1 eine vereinfachte schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 5 Figur 2 eine Detailansicht der Figur 1,
- Figur 3 eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 10 Figur 4 eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und
- 15 Figur 5 eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

#### Ausführungsformen der Erfindung

20 Die Figur 1 zeigt eine stark vereinfachte schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine 10 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Brennkraftmaschine 10 umfasst ein Primärluftsystem 1, um einem Brennraum 4 Frischluft bereitzustellen. Das Primärluftsystem 1 weist einen

25 Luftfilter 12 auf, von welchem die Frischluft über einen Primärluftkanal 14 zum Brennraum 4 geleitet wird und dort an einem Einlassventil 13 in den Brennraum 4 eingelassen wird. Im Primärluftkanal 14 ist zudem eine Drosselklappe 15 zur Regulierung der Frischluftmenge vorgesehen.

30 Weiter umfasst die Brennkraftmaschine 10 einen Abgaskanal 7, welcher an einem Auslassventil 3 vom Brennraum 4 stromabwärts weg führt, um Abgase aus dem Brennraum 4 abzuleiten. Das Auslassventil 3 kann dabei eine Durchlassöffnung 5 am Brennraum 4 freigeben und verschließen, um das Ausströmen der Abgase aus dem Brennraum 4 freizugeben bzw. zu verhindern.

35 Im Abgaskanal 7 ist ein Katalysator 71 vorgesehen.

Um während einer Kaltstartphase der Brennkraftmaschine 10 eine Nachreaktion unverbrannter Kohlenwasserstoffe, zur Reduktion schädlicher Abgasbestandteile sowie zum möglichst schnellen Aufheizen des Katalysators 71, zu ermöglichen, umfasst die Brennkraftmaschine 10 außerdem ein Sekundärluftsystem 2. Das  
5 Sekundärluftsystem 2 zweigt beim Kaltstart Sekundärluft vom Primärluftsystem 1 ab und leitet die Sekundärluft in den Abgaskanal 7. Dabei wird die Sekundärluft bezüglich einer Abgasströmungsrichtung 75 des Abgaskanals 7 stromauf des Katalysators 71 in den Abgaskanal 7 eingeblasen.

Das Sekundärluftsystem 2 umfasst einen Sekundärluftkanal 8 mit einem Rückflussbegrenzer 9. Der Sekundärluftkanal 8 verbindet den Luftfilter 12 mit dem Abgaskanal 7, um in Einblaserichtung A die Sekundärluft in den Abgaskanal einzublasen. Der Rückflussbegrenzer 9 ist dabei unmittelbar an den Abgaskanal 7 angrenzend angeordnet und weist ein Auslassende 81 des Sekundärluftkanals  
15 8 auf. Der Rückflussbegrenzer 9 ist dabei so ausgebildet, dass dieser für die hindurchströmende Sekundärluftströmung in Einblaserichtung A einen ersten Strömungswiderstand aufweist. Gegenüber einer der Einblaserichtung A entgegengesetzten Strömung in Rückflussrichtung B bietet der Rückflussbegrenzer 9 einen zweiten Strömungswiderstand, welcher um  
20 mindestens 30% größer ist als der erste Strömungswiderstand. Dadurch wird auf sehr einfache Art und Weise und zuverlässig verhindert, dass ein größeres Volumen an Abgasen vom Abgaskanal 7 in den Sekundärluftkanal 8 einströmen können.

Im in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel weist das Sekundärluftsystem 2 einen sehr einfachen Aufbau ohne Sekundärluftpumpe auf. Durch die stark instationäre Abgasströmung im Abgaskanal 7 wird dabei passiv eine Sekundärlufteinblasung erzielt. Im Detail wird dies dadurch erreicht, dass zwischen den aus dem Brennraum 4 austretenden Abgaspulsen, welche sehr  
30 hohe Druckspitzen aufweisen, jeweils ein Unterdruck im Abgaskanal 7 vorherrscht, welcher die Sekundärluft in den Abgaskanal 7 einsaugt. Durch den Rückflussbegrenzer 9 wird dabei verhindert, dass während der Abgaspulse eine größere Menge an Abgasen das Sekundärluftsystem 2 einströmen kann. Es sei jedoch angemerkt, dass im Sekundärluftsystem 2 vorteilhafterweise auch eine  
35 Sekundärluftpumpe eingesetzt werden kann, um eine besonders große Menge an Sekundärluft einblasen zu können. Eine solche Sekundärluftpumpe wäre vorzugsweise in den Sekundärluftkanal 8 integriert.

Der Aufbau und die Funktionsweise des Rückflussbegrenzers 9 ist im Detail in Zusammenhang mit der Figur 2 beschrieben, welche eine Detailansicht der Figur 1 zeigt. Um den gegenüber dem ersten Strömungswiderstand signifikant höheren  
5 zweiten Strömungswiderstand zu erreichen, weist der Rückflussbegrenzer 9 mehrere in Einblaserichtung A hintereinander angeordnete Tellerscheiben 91 auf. Die Einblaserichtung A ist dabei parallel zu einer Kanalachse 85, entlang welcher sich der Rückflussbegrenzer 9 und ein daran angrenzender Abschnitt des Sekundärluftkanals 8 erstreckt. Die Tellerscheiben 91 sind jeweils  
10 düsenförmig als sich ausgehend von einem Innendurchmesser 92 des Sekundärluftkanals 8 trompetenförmig verjüngende Bleche ausgebildet. Diese Bleche verjüngen sich zu einer Durchgangsöffnung mit einem minimalen Durchflussquerschnitt 91a hin. Die Durchflussquerschnitte 91a der mehreren Tellerscheiben 91 nehmen dabei entlang der Einblaserichtung A zu. Zudem  
15 weisen die Tellerscheiben 91 jeweils entlang der Einblaserichtung A abnehmende axiale Längen 91b auf. Die Tellerscheiben 91 bewirken somit jeweils eine Einschnürung des freien Strömungskanals, durch welchen die Sekundärluftströmung strömt. Die spezielle in Richtung Abgaskanal 7 weisende Ausrichtung der blechförmigen Tellerscheiben bewirkt dabei, dass der zweite  
20 Strömungswiderstand in Rückflussrichtung B deutlich größer als der erste Strömungswiderstand in der Einblaserichtung A ist.

Die Figur 3 zeigt eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine 10 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der  
25 Erfindung. Das zweite Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem ersten Ausführungsbeispiel der Figur 1, mit dem Unterschied, dass der Rückflussbegrenzer 9 vollständig bis in den Abgaskanal 7 hineinragt. Dadurch wird bewirkt, dass die auf den Rückflussbegrenzer 9 auftreffende sehr heiße Abgasströmung einen Rußabbrand von Rußablagerungen am oder innerhalb des  
30 Rückflussbegrenzers 9 ermöglicht.

Die Figur 4 zeigt eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine 10 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem zweiten  
35 Ausführungsbeispiel der Figur 3, wobei der Sekundärluftkanal 8 in einen Ventilschatten 31 des Auslassventils 3 mündet. Das Auslassende 81 des Sekundärluftkanals 8 liegt dabei innerhalb des Ventilschattens 31 und nahe an

5 einem Ventilschaft 33 des Auslassventils 3. Der Ventilschatten 31 ist dabei definiert als eine Projektion eines Außendurchmessers eines Ventiltellers 34 entlang einer Ventilachse 35 und in Hauptabgasströmungsrichtung 75 hinter dem Ventilelement 34. Insbesondere kann innerhalb dieses Ventilschattens 31 ein Rückströmungsgebiet vorliegen, in welchem das Abgas entgegengesetzt der Hauptabgasströmungsrichtung 75 strömen kann, und in welchem eine hohe Verwirbelung der Abgasströmung vorliegt. Der Sekundärluftkanal 8 ist dabei so angeordnet, dass die Einblaserichtung A am Auslassende 81 im Wesentlichen entgegengesetzt zur Abgasströmungsrichtung 75 der aus dem Brennraum 4 austretenden Abgase liegt, um eine optimale Vermischung von Abgasen und Sekundärluft zu erhalten.

10 Die Figur 5 zeigt eine vereinfachte schematische Detailansicht einer Brennkraftmaschine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das vierte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem zweiten Ausführungsbeispiel der Figur 3 mit einer weiteren alternativen Gestaltung des auslassseitigen Endes des Sekundärluftkanals 8. Im vierten Beispiel ist das Auslassende 81 des Sekundärluftkanals 8 außerhalb des Ventilschattens 31 angeordnet und zudem so ausgerichtet, dass die Einblaserichtung A am Auslassende 80 im Wesentlichen in die Abgasströmungsrichtung 75 zeigt. Durch das Vorbeistreichen der Abgasströmung im Wesentlichen in dieselbe Richtung können die dynamischen Effekte der instationären Strömung besonders gut ausgenutzt werden, um eine möglichst große Menge an Sekundärluft einzublasen.

## 5 Ansprüche

1. Brennkraftmaschine, umfassend:  
ein Primärluftsystem (1), zur Bereitstellung von Frischluft, und ein  
Sekundärluftsystem (2), welches eingerichtet ist, Sekundärluft von dem  
Primärluftsystem (1) abzuzweigen und in einen Abgaskanal (7)  
einzublase,  
- wobei das Sekundärluftsystem (2) einen Sekundärluftkanal (8) aufweist,  
welcher das Primärluftsystem (1) mit dem Abgaskanal (7) verbindet,  
- wobei der Sekundärluftkanal (8) einen Rückflussbegrenzer (9) aufweist,  
welcher jeweils in Einblaserichtung (A) und in Rückflussrichtung (B)  
entgegen der Einblaserichtung (A) durchströmbar ausgebildet ist,  
- wobei der Rückflussbegrenzer (9) in der Einblaserichtung (A) einen ersten  
Strömungswiderstand aufweist und in der Rückflussrichtung (B) einen  
zweiten Strömungswiderstand aufweist, und  
- wobei der zweite Strömungswiderstand größer als der erste  
Strömungswiderstand ist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der zweite  
Strömungswiderstand um mindestens 10%, insbesondere mindestens  
30%, bevorzugt mindestens 50%, besonders bevorzugt mindestens 70%,  
größer ist als der erste Strömungswiderstand.
3. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
der Rückflussbegrenzer (9) eine sich in Einblaserichtung (A) zu einem  
minimalen Durchflussquerschnitt (91a) hin verjüngende düsenförmige  
Tellerscheibe (91) aufweist.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, wobei der Rückflussbegrenzer (9)  
mehrere in Einblaserichtung (A) hintereinander angeordnete Tellerscheiben  
(91) aufweist.

5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, wobei die mehreren Tellerscheiben (91) in Einblaserichtung (A) zunehmend größere minimale Durchflussquerschnitte (91a) aufweisen.
- 5 6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4 oder 5, wobei die mehreren Tellerscheiben (91) in Einblaserichtung (A) zunehmend kleinere axiale Längen (91b) aufweisen.
- 10 7. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Rückflussbegrenzer (9) zumindest teilweise in den Abgaskanal (7) hineinragt.
- 15 8. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sekundärluftkanal (8) innerhalb des Abgaskanals (7) in einen Ventilschatten (31) eines Auslassventils (3) der Brennkraftmaschine (10) mündet.
- 20 9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, wobei die Einblaserichtung (A) an einem Auslassende (81) des Sekundärluftkanals (8) im Wesentlichen entgegengesetzt einer Abgasströmungsrichtung (75) von aus einem Brennraum (4) austretenden Abgasen liegt.
- 25 10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Sekundärluftkanal (8) außerhalb des Ventilschattens (31) in den Abgaskanal (7) mündet, und insbesondere wobei die Einblaserichtung (A) am Auslassende (81) des Sekundärluftkanals (8) im Wesentlichen in Abgasströmungsrichtung (75) liegt.
- 30 11. Brennkraftmaschine, umfassend mehrere Zylinder (15) mit jeweils einem Rückflussbegrenzer (9) pro Zylinder (15).

Fig. 1

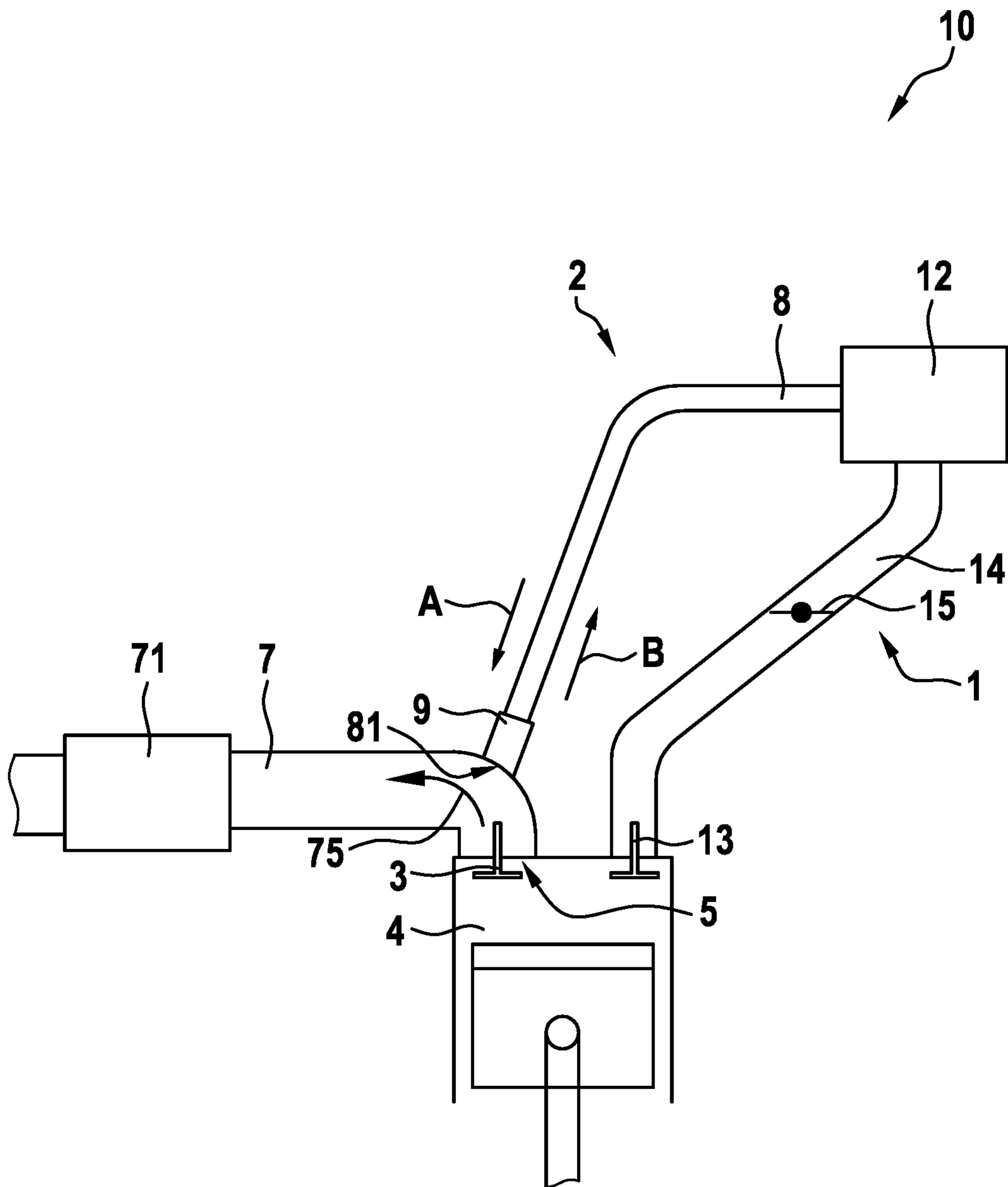


Fig. 2

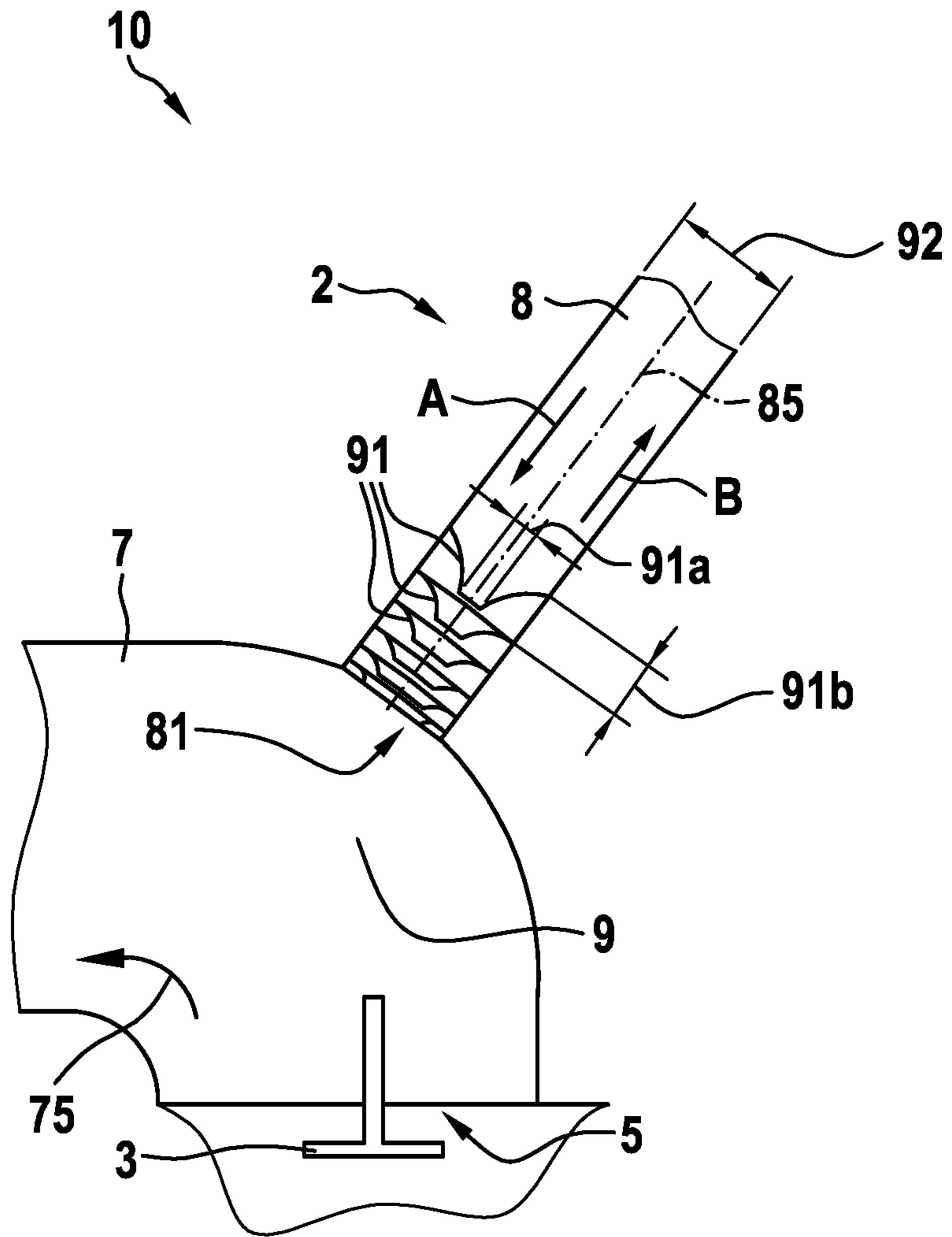
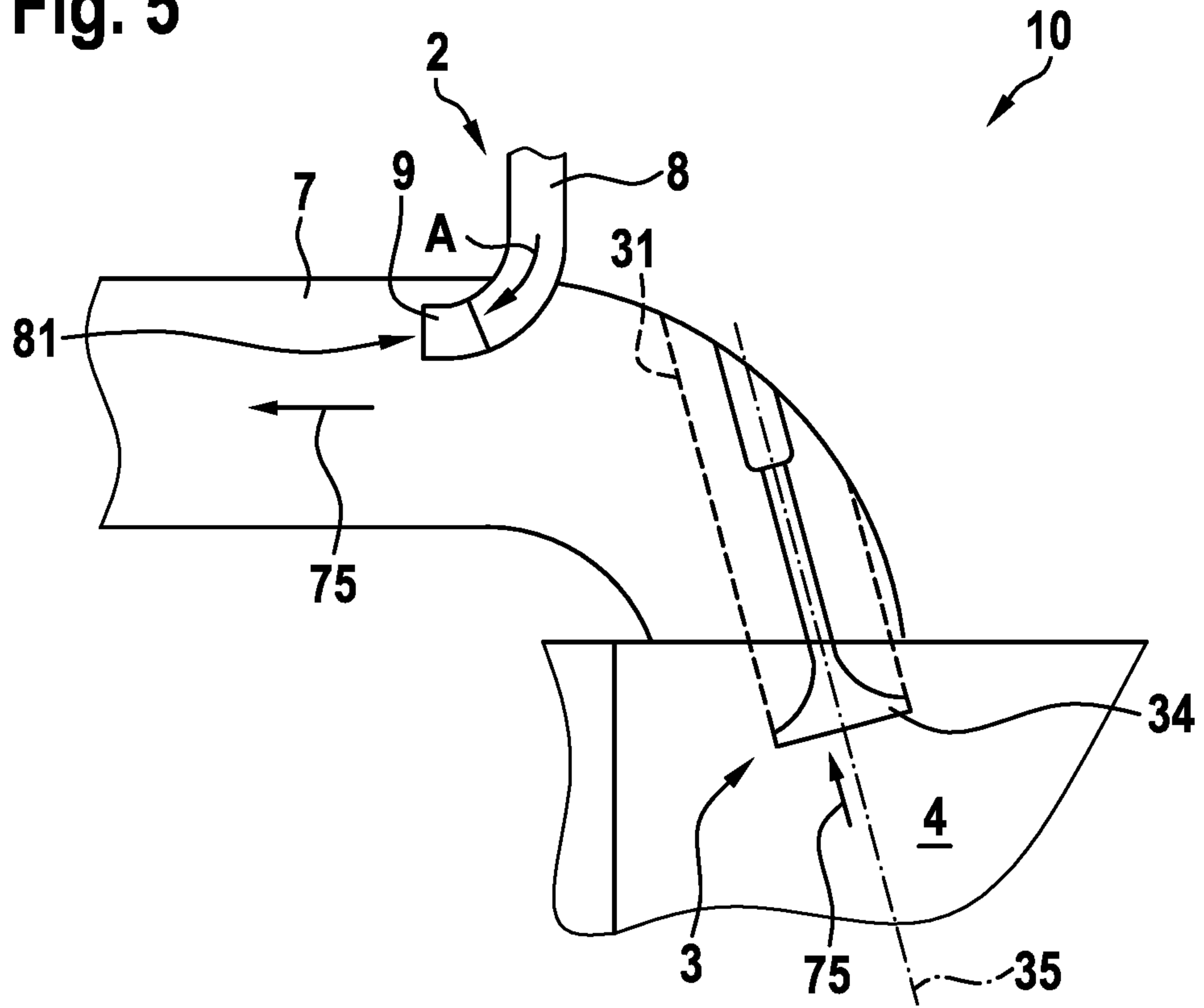




Fig. 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/080572**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>F01N 3/34</i> (2006.01)i; <i>F02M 26/15</i> (2016.01)i; <i>F15C 1/00</i> (2006.01)i; <i>F15C 1/02</i> (2006.01)i; <i>F15D 1/02</i> (2006.01)i; <i>F16K 15/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01N; F02M; F15D; F15C; F16K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP S54176015 U (FUYO KOGYO CO., LTD.) 12 December 1979 (1979-12-12) figures 1, 2	1-6 7-11
X A	JP S551922 U (TOYOTA MOTOR CO., LTD.) 08 January 1980 (1980-01-08) the whole document	1-6 7-11
X A	US 2003192502 A1 (JOOS KLAUS [DE] ET AL) 16 October 2003 (2003-10-16) paragraph [0012] - paragraph [0015]; figure 1	1,2,7,10,11 3-6,8,9
X A	JP 2005201218 A (TOYOTA MOTOR CORP) 28 July 2005 (2005-07-28) paragraph [0021] - paragraph [0040]; figure , 21	1,2,8,9,11 3-7,10
A	US 2670011 A (BERTIN JEAN H ET AL) 23 February 1954 (1954-02-23) the whole document	3-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>02 December 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>10 December 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Rauch, Vincent</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/EP2020/080572</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP S54176015 U	12 December 1979	NONE	
JP S551922 U	08 January 1980	NONE	
US 2003192502 A1	16 October 2003	DE 10215914 A1 JP 3752495 B2 JP 2003307129 A US 2003192502 A1	30 October 2003 08 March 2006 31 October 2003 16 October 2003
JP 2005201218 A	28 July 2005	NONE	
US 2670011 A	23 February 1954	NONE	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/080572

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. F01N3/34 F02M26/15 F15C1/00 F15C1/02 F15D1/02 F16K15/00 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F01N F02M F15D F15C F16K Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP S54 176015 U (FUYO KOGYO CO., LTD.) 12. Dezember 1979 (1979-12-12)	1-6
A	Abbildungen 1, 2	7-11
X	JP S55 1922 U (TOYOTA MOTOR CO., LTD.) 8. Januar 1980 (1980-01-08)	1-6
A	das ganze Dokument	7-11
X	US 2003/192502 A1 (JOOS KLAUS [DE] ET AL) 16. Oktober 2003 (2003-10-16)	1,2,7, 10,11
A	Absatz [0012] - Absatz [0015]; Abbildung 1	3-6,8,9
X	JP 2005 201218 A (TOYOTA MOTOR CORP) 28. Juli 2005 (2005-07-28)	1,2,8,9, 11
A	Absatz [0021] - Absatz [0040]; Abbildung , 21	3-7,10
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Dezember 2020		10/12/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Rauch, Vincent

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2 670 011 A (BERTIN JEAN H ET AL) 23. Februar 1954 (1954-02-23) das ganze Dokument -----	3-6

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/080572

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S54176015	U	12-12-1979	KEINE
-----			
JP S551922	U	08-01-1980	KEINE
-----			
US 2003192502	A1	16-10-2003	DE 10215914 A1 30-10-2003 JP 3752495 B2 08-03-2006 JP 2003307129 A 31-10-2003 US 2003192502 A1 16-10-2003
-----			
JP 2005201218	A	28-07-2005	KEINE
-----			
US 2670011	A	23-02-1954	KEINE
-----			