



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.04.2019 Patentblatt 2019/17

(51) Int Cl.:
F23R 3/14 (2006.01) F23R 3/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18198872.6**

(22) Anmeldetag: **05.10.2018**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **KOCH, Rainer**
76646 Bruchsal (DE)
- **BAUER, Hans-Jörg**
75177 Pforzheim (DE)
- **DÖRR, Thomas**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)
- **BAKE, Sebastian**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(30) Priorität: **17.10.2017 DE 102017218529**

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann**
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(72) Erfinder:
• **DAUCH, Thilo**
76139 Karlsruhe (DE)

(54) **DÜSE FÜR EINE BRENNKAMMER EINES TRIEBWERKS**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Düse für eine Brennkammer (3) eines Triebwerks (T) zur Bereitstellung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches an einer Düsenaustrittsöffnung der Düse (2). Die Düse (2) umfasst einen die Düsenaustrittsöffnung aufweisenden Düsenhauptkörper (20), der sich entlang einer Düsenlängsachse (DM) erstreckt, wobei der Düsenhauptkörper (20) wenigstens einen ersten Luftleitkanal (26), einen Kraftstoffleitkanal (25) und einen weiteren, radial weiter außen liegenden, zweiten Luftleitkanal (27a) aufweist. Ein Ende des Kraftstoffleitkanals (25), an dem Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal (25) in Richtung der Luft aus dem ersten Luftleitkanal (26) ausströmt, liegt bezogen auf die Düsenlängsachse (DM) und in Richtung der Düsenaustrittsöffnung vor dem Ende des zweiten Luftleitkanals (27a), aus dem Luft aus dem zweiten Luftleitkanal (27a) in Richtung eines Gemisches aus Luft aus dem ersten Luftleitkanal (26) und Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal (25) ausströmt.

Erfindungsgemäß ist zwischen dem Ende des Kraftstoffleitkanals (25) und dem Ende des zweiten Luftleitkanals (27a) an der Düse (2) ein sich verjüngendes Kanalstück (9) mit einer, bezogen auf die Düsenlängsachse (DM), in axialer Richtung geneigt verlaufender Mantelfläche (292b) ausgebildet, die sich an eine radial äußere Mantelfläche (291b) des Kraftstoffleitkanals (25) anschließt.

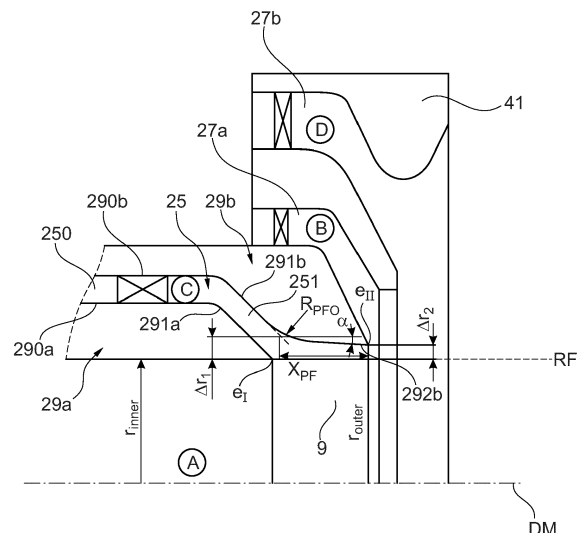


Fig. 1A

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Düse für eine Brennkammer eines Triebwerks zur Bereitstellung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches an einer Düsenaustrittsöffnung der Düse.

[0002] Eine (Einspritz-) Düse für eine Brennkammer eines Triebwerks, insbesondere für eine Ringbrennkammer eines Gasturbinentriebwerks umfasst einen die Düsenaustrittsöffnung aufweisenden Düsenhauptkörper, der neben einem Kraftstoffleitkanal zur Förderung von Kraftstoff an die Düsenaustrittsöffnung mehrere (mindestens zwei) Luftleitkanäle zur Förderung von mit dem Kraftstoff zu vermischender Luft an die Düsenaustrittsöffnung aufweist. Eine Düse dient üblicherweise auch zum Verdrängen der zugeführten Luft, die dann, mit dem zugeführten Kraftstoff gemischt, an der Düsenaustrittsöffnung der Düse in die Brennkammer gefördert wird. Mehrere Düsen sind beispielsweise in einer Düsenbaugruppe zusammengefasst, die mehrere nebeneinander, üblicherweise entlang einer Kreislinie angeordnete Düsen zur Einbringung von Kraftstoff in die Brennkammer umfasst.

[0003] Aus dem Stand der Technik, zum Beispiel der US 9,423,137 B2, bekannte Düsen mit mehreren Luftleitkanälen und mindestens einem Kraftstoffleitkanal sehen vor, dass sich ein erster Luftleitkanal entlang einer Düsenlängsachse des Düsenhauptkörpers erstreckt und ein Kraftstoffleitkanal gegenüber dem ersten Luftleitkanal, bezogen auf die Düsenlängsachse, radial weiter außen liegt. Mindestens ein weiterer, zweiter Luftleitkanal ist dann zusätzlich gegenüber dem Kraftstoffleitkanal, bezogen auf die Düsenlängsachse, radial weiter außen liegend vorgesehen. Ein Ende des Kraftstoffleitkanals, an dem Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal in Richtung der Luft aus dem ersten Luftleitkanal ausströmt, liegt hierbei typischerweise bezogen auf die Düsenlängsachse und in Richtung der Düsenaustrittsöffnung vor dem Ende des zweiten Luftleitkanals, aus dem Luft dann in Richtung eines Gemisches aus Luft aus dem ersten Luftleitkanal und Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal ausströmt. Aus dem Stand der Technik ist ferner bekannt und beispielsweise auch in der US 9,423,137 B2 vorgesehen, eine solche Düse mit einem dritten Luftleitkanal zu versehen, dessen gegebenenfalls radial nach außen versetztes Ende in axialer Richtung auf das Ende des zweiten Luftleitkanals folgt..

[0004] Für den Ablauf der Verbrennung in einem Brennraum der Brennkammer des Triebwerks ist die Düsengestaltung von entscheidender Bedeutung, da hierüber vorgegeben wird, mit welcher (lokalen) Verteilung der Kraftstoff in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Brennraum gelangt. Grundsätzlich ist es in diesem Zusammenhang von Vorteil, dass der Kraftstoff tröpfchenförmig homogen in dem erzeugten Kraftstoff-Luft-Gemisch verteilt ist.

[0005] Es besteht vor diesem Hintergrund die Aufgabe, eine Düse in dieser Hinsicht weiter zu verbessern.

[0006] In diesem Zusammenhang ist eine Düse vorgeschlagen, die wenigstens einen ersten und einen zweiten Luftleitkanal sowie einen Kraftstoffleitkanal aufweist und bei der zwischen dem Ende des Kraftstoffleitkanals und dem Ende des zweiten Luftleitkanals an der Düse ein sich für verjüngendes respektive konvergierendes Kanalstück mit einer (im Querschnitt), bezogen auf die Düsenlängsachse des Düsenhauptkörpers, in axialer Richtung geneigt verlaufenden Mantelfläche ausgebildet ist, wobei sich diese Mantelfläche an eine radial äußere Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals anschließt.

[0007] So hat sich gezeigt, dass eine geneigt verlaufende Mantelfläche eines anschließenden Kanalstücks eine Leitfläche definiert, an der sich ein (Vor-) Film (englisch "prefilm") an Kraftstoff anlegen kann. Über die Geometrie des sich verjüngenden Kanalstückes lassen sich un stetige Kraftstoffströme vermeiden. Ferner kann sich an der Mantelfläche des sich verjüngenden Kanalstücks ein Film aus Kraftstoff anlegen, der allenfalls kleinen Schwingungsamplituden an einer Abströmkannte des Kraftstoffleitkanals ausgesetzt ist, was zu einer Vergleichmäßigung der zugeführten Kraftstoffmenge führt und damit letztlich zu einer homogenen Tröpfchenverteilung des Kraftstoffs in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch, das an der Düsenaustrittsöffnung der Düse bereitgestellt wird. Die sich verjüngende Kontur des Kanalstücks in Richtung des Endes des zweiten Luftleitkanals und damit in Richtung der Düsenaustrittsöffnung hat damit den überraschenden Vorteil, dass sich hiermit instationäre Kraftstoffansammlungen und instationäre Kraftstoffabströmungen am Ende des Kraftstoffleitkanals vermeiden lassen. Eine wie vorgeschlagen gestaltoptimierte Düse kann damit ein zeitlich kontinuierliches Spray aus Kraftstoff und Luft mit geringem Tropfendurchmesser bereitstellen, was wiederum zu einer Absenkung der bei der Verbrennung im Brennraum entstehenden Schadstoffe beiträgt.

[0008] Bei der vorgeschlagenen Düse handelt es sich zum Beispiel um eine luftunterstützte Einspritzdüse.

[0009] Mit der vorgeschlagenen Düse kann selbstverständlich auch eine Düsenbaugruppe für eine Brennkammer eines Triebwerks bereitgestellt werden, bei der mehrere gleichartig oder sogar identisch ausgestaltete Düsen nebeneinander, zum Beispiel entlang einer Kreislinie nebeneinander, angeordnet sind. Eine solche Düsenbaugruppe findet beispielsweise in einer Ringbrennkammer eines Gasturbinentriebwerks Verwendung.

[0010] In einem Ausführungsbeispiel ist das Kanalstück am Ende des Düsenhauptkörpers kegelförmig ausgebildet. Die Kegelförmigkeit des Kanalstücks hat sich dabei bei bestimmten Düsengeometrien als vorteilhaft erwiesen.

[0011] In einem Ausführungsbeispiel ist mit Blick auf die Erzielung einer homogenen Kraftstofftröpfchen-Verteilung vorgesehen, dass sich das Kanalstück in Richtung der Düsenaustrittsöffnung um wenigstens 0,1 mm verjüngt. Alternativ oder ergänzend kann die Verjüngung in Richtung der Düsenaustrittsöffnung auf maximal 4 mm begrenzt sein. Gleichwohl damit die Abmessungen und insbesondere der Grad der Verjüngung des Kanalstücks relativ gering erscheint, hat sich

jedoch gezeigt, dass hiermit das an der Düsenaustrittsöffnung der Düse bereitgestellte Kraftstoff-Luft-Gemisch signifikant beeinflusst werden kann.

[0012] In einem Ausführungsbeispiel verläuft die Mantelfläche des Kanalstücks unter einem Winkel zu der Düsenlängsachse geneigt, der kleiner als 40° ist. Beispielsweise liegt dieser Winkel in einem Bereich von 1° bis 40° , insbesondere in einem Bereich von 2° bis 38° oder 3° bis 35° oder 2° bis 20° . Der (Neigungs-) Winkel der Mantelfläche des sich verjüngenden Kanalstücks liegt in einem Ausführungsbeispiel z.B. im Bereich von 3° bis 18° , insbesondere im Bereich von 5° bis 15° .

[0013] In einer Ausführungsvariante erstreckt sich das Kanalstück mit einer Länge von wenigstens 1 mm entlang der Düsenlängsachse. Eine Länge des Kanalstücks entlang der Düsenlängsachse von wenigstens 1 mm bringt beispielsweise auch mit sich, dass die Mantelfläche des Kanalstücks eine axiale Länge von wenigstens 1 mm aufweist. Die Länge des Kanalstücks ist hierbei üblicherweise so gewählt, dass eine räumliche Entkopplung lokaler Schwingungen, die auf ein unstetiges Ausströmen des Kraftstoffs und des zweiphasigen Gemischs aus Kraftstoff und Luft an einer radial äußeren Abströmkante des Kraftstoffleitkanals zurückgehen, realisiert werden kann. Die Länge des Kanalstücks kann hierbei in Abhängigkeit des jeweiligen Triebwerkstyps variieren und damit insbesondere von der Menge an bereitzustellendem Kraftstoff respektive an bereitzustellendem Kraftstoff-Luft-Gemisch abhängen. Eine maximale Länge des Kanalstücks entlang der Düsenlängsachse unterhalb von 7 mm wird in einigen Ausführungsvarianten als vorteilhaft erachtet.

[0014] In einer Ausführungsvariante ist die Mantelfläche des Kanalstücks im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals um einen Abstand im Bereich von 0,2 mm zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals radial nach außen versetzt. Über das Kanalstück liegt somit im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals lokal eine Verbreiterung gegenüber dem ersten Luftleitkanal vor. So vergrößert sich beispielsweise am Ende des Kraftstoffleitkanals ein für den ausströmenden Kraftstoff und die aus dem ersten Luftleitkanal stammende Luft zur Verfügung stehende Kanaldurchmesser um $2 \times 0,2 \text{ mm} = 0,4 \text{ mm}$. Eine Ausströmöffnung des Kraftstoffleitkanals erstreckt sich somit nicht parallel zur Düsenlängsachse, wie zum Beispiel in der US 9,423,137 B2, sondern der Kraftstoffleitkanal geht an seinem Ende in das sich axial erstreckende und (konisch) verjüngende Kanalstück über.

[0015] Alternativ oder ergänzend ist in einer Ausführungsvariante vorgesehen, dass die Mantelfläche des Kanalstücks im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals radial versetzt ist (gleichwohl selbstverständlich ein solcher Versatz nicht zwingend ist). An einem bezogen auf die Düsenaustrittsöffnung hinteren Ende des Kanalstücks kann somit in dieser Variante ein größerer oder kleinerer Durchmesser vorgesehen als am Ende des ersten Luftleitkanals. Ein Ende des Kanalstücks ragt somit in der zuerst genannten Variante radial nicht über eine virtuelle Verlängerung einer radial äußeren Abschlusskante des ersten Luftleitkanals nach innen, während das Ende des Kanalstück in der zuletzt genannten Variante gerade über eine solche virtuelle Verlängerung hinweg radial nach innen ragt.. In Kombination mit der vorstehend erläuterten Variante eines radialen Vorsatzes am Beginn des sich verjüngenden Kanalstücks (im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals) ist derart vorgegeben, dass ein Durchmesser des Kanalstücks zum Beispiel stets größer ist als ein Durchmesser eines stromauf liegenden ersten Luftleitkanals der Düse am Ende des Kraftstoffleitkanals oder zumindest am Ende des Kanalstücks auch kleiner sein kann.

[0016] In einer möglichen Weiterbildung ist die Mantelfläche des Kanalstücks im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals um einen Abstand von maximal 1 mm zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals radial nach außen versetzt. Alternativ oder ergänzend ist die Mantelfläche des Kanalstücks im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals um einen Abstand von maximal 0,1 mm radial nach innen zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) versetzt.

[0017] Insbesondere auf Basis der vorstehend erläuterten Kanalgeometrien an dem sich verjüngenden Kanalstück kann in einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass das Kanalstück an seiner breitesten Stelle im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals einen um 0,4 mm größeren Durchmesser aufweist als der erste Luftleitkanal am Ende des Kraftstoffleitkanals, also an derjenigen Stelle, an der der Kraftstoffleitkanal in den ersten Luftleitkanal mündet. Der Durchmesser des Kanalstücks kann hierbei an seiner breitesten Stelle aber selbstverständlich auch um ein kleineres Maß größer sein als der Durchmesser des ersten Luftleitkanals am Ende des Kraftstoffleitkanals. In einer Variante wäre sogar denkbar, dass der Durchmesser des Kanalstücks an seiner breitesten Stelle dem Durchmesser des ersten Luftleitkanals am Ende des Kraftstoffleitkanals entspricht.

[0018] Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass das Kanalstück an seiner schmalsten Stelle im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals einen maximal 2 mm, insbesondere maximal 1,4 mm größeren und/oder maximal 0,2 mm kleineren Durchmesser aufweist als der erste Luftleitkanal am Ende des Kraftstoffleitkanals. Wie zuvor bereits erläutert, weist das Kanalstück in der zuerst genannten Variante auch an seinem, bezogen auf die Strömungsrichtung der Luft, des Kraftstoffs respektive des Kraftstoff-Luft-Gemisches, hinteren Ende noch einen größeren Durchmesser auf als der erste Luftleitkanal am Ende des Kraftstoffleitkanals, hier einen um wenigstens 0,2 mm größeren Durchmesser. Zum Beispiel kann vorgesehen sein, das Kanalstück an seiner schmalsten Stelle im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals einen wenigstens 0,2 mm größeren Durchmesser aufweist als der erste Luftleitkanal am Ende des Kraftstoffleitkanals. In der anderen genannten Variante verjüngt sich bzw. konvergiert das Kanalstück über seine Länge so stark, dass das Kanalstück im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals und damit endseitig an seiner schmalsten

Stelle einen Durchmesser aufweist, der gleich dem oder kleiner ist als der Durchmesser des ersten Luftleitkanals am Ende des Kraftstoffleitkanals ist.

[0019] Mit Blick auf die Vermeidung instationärer Kraftstoffansammlungen und Kraftstoffabströmungen am Ende des Kraftstoffleitkanals kann die Vorgabe eines bestimmten Verhältnisses zwischen die Geometrie des Kanalstücks definierenden Parametern von Vorteil sein. Beispielsweise ist in einer Ausführungsvariante vorgesehen, dass die Mantelfläche des Kanalstücks im Bereich des Kraftstoffleitkanals um einen Abstand Δr_1 zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals radial nach außen versetzt ist und sich das Kanalstück mit einer Länge x_{PF} entlang der Düsenlängsachse des Düsenhauptkörpers erstreckt und hierbei dann gilt:

$$x_{PF} \geq 2 \Delta r_1.$$

[0020] In einer Weiterbildung kann ferner $x_{PF} \geq 3 \Delta r_1$ gelten.

[0021] Insbesondere für $x_{PF} \geq 2 \Delta r_1$ oder $x_{PF} \geq 3 \Delta r_1$ kann weiterhin, wie vorstehend bereits erläutert, gelten, dass die Länge x_{PF} beispielsweise größer oder gleich 2 mm ist und der radiale Abstand $\Delta r_1 < 1$ mm, insbesondere $\leq 0,8$ mm und z.B. $\leq 0,665$ mm ist.

[0022] In einem Ausführungsbeispiel geht die radial äußere Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals über eine Rundung in die geneigt verlaufende Mantelfläche des Kanalstücks über. Ein stetiger und kantenfreier Übergang zwischen der radial äußeren Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals und der Mantelfläche des sich anschließenden Kanalstücks kann die zeitlich und räumlich gleichmäßige Kraftstoffabgabe respektive Kraftstoffeinspritzung weiter unterstützen. Beispielsweise weist die (konvexe) Rundung am Übergang zwischen radial äußerer Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals und der geneigt verlaufenden Mantelfläche des Kanalstücks einen Radius von maximal 8 mm auf. In einer Ausführungsvariante weist die Rundung einen Radius von maximal 2 mm auf.

[0023] In einer Ausführungsvariante kann an einer radial inneren Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals eine konkave Rundung vorgesehen sein, über die ein schräg radial nach innen weisender Abschnitt der radial inneren Mantelfläche in einen axial verlaufenden Abschnitt der radial inneren Mantelfläche übergeht. Insbesondere in einer solchen Ausführungsvariante, in der sich ein Ende des radial innenliegender Randes des Kraftstoffleitkanals noch axial erstreckt, kann gegenüberliegend eine konvexe Rundung an der radial äußeren Mantelfläche ausgebildet sein. Diese gegenüberliegende Rundung der radial äußeren Mantelfläche weist dann, wie vorstehend angegeben, z.B. einen Radius von maximal 8 mm auf und ermöglicht damit einen weichen Übergang des Kraftstoffleitkanals zu dem sich verjüngenden Kanalstück. Eine konkave Rundung an der radial inneren Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals weist beispielsweise einen Radius von maximal 15 mm auf, insbesondere z.B. von maximal 10 mm, 8 mm, 5 mm oder 2 mm.

[0024] Zur Vermeidung lokaler Rückströmungen ist in einem Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass an dem Ende des Kraftstoffleitkanals zwischen einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals und einer inneren Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals ein scharfkantiger Übergang ausgebildet ist. Hier ist dann folglich beispielsweise ein Wandabschnitt des Düsenhauptkörpers, der einerseits die innere (radial innen liegende) Mantelfläche des Kraftstoffleitkanals und andererseits die (radial äußere) Mantelfläche des ersten Luftleitkanals ausbildet, zu einer Kante am Ende des Kraftstoffleitkanals und des ersten Luftleitkanals spitz zulaufend ausgebildet ist.

[0025] Alternativ oder ergänzend kann zur Vermeidung lokaler Rückströmungen am Ende des sich verjüngenden Kanalstücks ein scharfkantiger Übergang zwischen der Mantelfläche des Kanalstücks und einer inneren Mantelfläche des zweiten Luftkanals ausgebildet sein. Analog kann hier ein Wandabschnitt des Düsenhauptkörpers, der einerseits die Mantelfläche des Kanalstücks und andererseits die radial innere Mantelfläche des zweiten Luftleitkanals ausbildet, in Richtung der Düsenaustrittsöffnung spitz zulaufend ausgebildet sein. Eine scharfe Kante am Ende des Kanalstücks am Übergang zu einer Ausströmöffnung des zweiten Luftleitkanals ist hier somit die Folge.

[0026] Die vorgeschlagene Lösung umfasst ferner auch eine Düsenbaugruppe mit mehreren identisch ausgebildeten Düsen, die jeweils ein sich verjüngendes Kanalstück zwischen dem Ende eines Kraftstoffleitkanals und dem Ende eines zweiten Luftleitkanals an einer Düse im Bereich der Düsenaustrittsöffnung der jeweiligen Düse ausbilden. Ferner ist auch ein Triebwerk mit mindestens einer solchen Düse oder einer solchen Düsengruppe umfasst.

[0027] Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der vorgeschlagenen Lösung.

Hierbei zeigen:

[0028]

Figur 1A in vergrößertem Maßstab und ausschnittsweise den Bereich an einer Düsenaustrittsöffnung eine Düse mit einem sich konisch verjüngenden Kanalstück zwischen dem Ende eines Kraftstoffleitkanals und einem Ende

eines zweiten Luftleitkanals der Düse zur Vermeidung instationärer Kraftstoffansammlungen und Kraftstoffabströmungen am Ende des Kraftstoffleitkanals;

Figur 1B in mit der Figur 1A übereinstimmender Ansicht eine mögliche Weiterbildung der Ausführungsvariante der Figur 1A;

Figur 1C eine ausschnittsweise vergrößerte Darstellung einer Weiterbildung des Kanalstücks der Figur 1A;

Figur 2A ein Triebwerk, in dem eine Brennkammer mit einer Düse entsprechend der Figur 1 zum Einsatz kommt;

Figur 2B ausschnittsweise und in vergrößertem Maßstab die Brennkammer des Triebwerks der Figur 2A;

Figur 2C in Querschnittsansicht den grundsätzlichen Aufbau der Düse der Figur 1 und die umliegenden Komponenten des Triebwerks im eingebauten Zustand der Düse.

[0029] Die Figur 2A veranschaulicht schematisch und in Schnittdarstellung ein (Turbofan-) Triebwerk T, bei dem die einzelnen Triebwerkskomponenten entlang einer Rotationsachse oder Mittelachse M hintereinander angeordnet sind und das Triebwerk T als Turbofan-Triebwerk ausgebildet ist. An einem Einlass oder Intake E des Triebwerks T wird Luft entlang einer Eintrittsrichtung mittels eines Fans F angesaugt. Dieser in einem Fanggehäuse FC angeordnete Fan F wird über eine Rotorwelle S angetrieben, die von einer Turbine TT des Triebwerks T in Drehung versetzt wird. Die Turbine TT schließt sich hierbei an einen Verdichter V an, der beispielsweise einen Niederdruckverdichter 11 und einen Hochdruckverdichter 12 aufweist, sowie gegebenenfalls noch einen Mitteldruckverdichter. Der Fan F führt einerseits in einem Primärluftstrom F1 dem Verdichter V Luft zu sowie andererseits, zur Erzeugung des Schubs, in einem Sekundärluftstrom F2 einem Sekundärstromkanal oder Bypasskanal B. Der Bypasskanal B verläuft hierbei um ein den Verdichter V und die Turbine TT umfassendes Kerntriebwerk, das einen Primärstromkanal für die durch den Fan F dem Kerntriebwerk zugeführte Luft umfasst.

[0030] Die über den Verdichter V in den Primärstromkanal geförderte Luft gelangt in einen Brennkammerabschnitt BK des Kerntriebwerks, in dem die Antriebsenergie zum Antreiben der Turbine TT erzeugt wird. Die Turbine TT weist hierfür eine Hochdruckturbine 13, eine Mitteldruckturbine 14 und eine Niederdruckturbine 15 auf. Die Turbine TT treibt dabei über die bei der Verbrennung frei werdende Energie die Rotorwelle S und damit den Fan F an, um über die in den Bypasskanal B geförderte Luft den erforderlichen Schub zu erzeugen. Sowohl die Luft aus dem Bypasskanal B als auch die Abgase aus dem Primärstromkanal des Kerntriebwerks strömen über einen Auslass A am Ende des Triebwerks T aus. Der Auslass A weist hierbei üblicherweise eine Schubdüse mit einem zentral angeordneten Austrittskonus C auf.

[0031] Figur 2B zeigt einen Längsschnitt durch den Brennkammerabschnitt BK des Triebwerks T. Hieraus ist insbesondere in eine (Ring-) Brennkammer 3 des Triebwerks T ersichtlich. Zur Einspritzung von Kraftstoff respektive eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einen Brennraum 30 der Brennkammer 3 ist eine Düsenbaugruppe vorgesehen. Diese umfasst einen Brennkammerring R, an dem entlang einer Kreislinie um die Mittelachse M mehrere (Kraftstoff / Einspritz-) Düsen 2 angeordnet sind. Hierbei sind an dem Brennkammerring R die Düsenaustrittsöffnungen der jeweiligen Düsen 2 vorgesehen, die innerhalb der Brennkammer 3 liegen. Jede Düse 2 umfasst dabei einen Flansch, über den eine Düse 2 an ein Außengehäuse G der Brennkammer 3 geschraubt ist.

[0032] Die Figur 2C zeigt nun in Querschnittsansicht den grundsätzlichen Aufbau einer Düse 2 sowie die umliegenden Komponenten des Triebwerks T im eingebauten Zustand der Düse 2. Die Düse 2 ist hierbei Teil eines Brennkammersystems des Triebwerks T. Die Düse 2 befindet sich stromab eines Diffusors D und wird bei der Montage durch ein Zugangsloch L durch einen Brennkammerkopf 31, durch ein Hitzeschild 300 und eine Kopfplatte 310 der Brennkammer 3 bis zum Brennraum 30 der Brennkammer 3 eingeschoben, sodass eine an einem Düsenhauptkörper 20 ausgebildete Düsenaustrittsöffnung in den Brennraum 30 reicht. Die Düse 2 umfasst ferner einen sich im Wesentlichen radial bezüglich der Mittelachse M erstreckenden Düsenstamm 21, in dem eine Kraftstoffzuleitung 210 untergebracht ist, die Kraftstoff zu dem Düsenhauptkörper 20 fördert. Am Düsenhauptkörper 20 sind ferner eine Kraftstoffkammer 22, Kraftstoffpassagen 220, Hitzeschilde 23 sowie Luftkammern zur Isolation 23a und 23b ausgebildet.

[0033] Zusätzlich bildet der Düsenhauptkörper 20 einen mittig entlang einer Düsenlängsachse DM verlaufenden (ersten) inneren Luftleitkanal 26 und hierzu radial weiter außen liegende (zweite und dritte) äußere Luftleitkanäle 27a und 27b aus. Diese Luftleitkanäle 26, 27a und 27b erstrecken sich in Richtung der Düsenaustrittsöffnung der Düse 2.

[0034] Des Weiteren ist noch wenigstens ein Kraftstoffleitkanal 25 an dem Düsenhauptkörper 20 ausgebildet. Dieser Kraftstoffleitkanal 25 liegt zwischen dem ersten inneren Luftleitkanal 26 und dem zweiten äußeren Luftleitkanal 27a. Das Ende des Kraftstoffleitkanals 25, über den im Betrieb der Düse 2 Kraftstoff in Richtung der Luft aus dem ersten inneren Luftleitkanal 26 ausströmt, liegt, bezogen auf die Düsenlängsachse DM und in Richtung der Düsenaustrittsöffnung, vor einem Ende des zweiten Luftleitkanals 27a, aus dem Luft aus dem zweiten, äußeren Luftleitkanal 27a in

Richtung eines Gemisches aus Luft aus dem ersten, inneren Luftleitkanal 26 und Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal 25 ausströmt.

[0035] In den äußeren Luftleitkanälen 27a und 27b sind üblicherweise Verdrallelemente zum Verdrallen der hierüber zugeführten Luft vorgesehen (vgl. Figur 1). Ferner umfasst der Düsenhauptkörper 20 am Ende des dritten äußeren Luftleitkanals 27b noch ein äußeres, radial nach innen weisendes Luftleitelement 41. Zur Abdichtung der Düse 2 zum Brennraum 30 hin ist an dem Düsenhauptkörper 20 umfangsseitig noch ein Dichtungselement 28 vorgesehen. Dieses Dichtungselement 28 bildet ein Gegenstück zu einer sogenannten Brennerdichtung 4. Diese Brennerdichtung 4 ist schwimmend zwischen dem Hitzeschild 300 und der Kopfplatte 310 gelagert, um bei verschiedenen Betriebszuständen radiale und axiale Bewegungen zwischen der Düse 2 und der Brennkammer 3 auszugleichen und eine zuverlässige Dichtung zu gewährleisten.

[0036] Die Brennerdichtung 4 weist üblicherweise ein Strömungsleitelement 40 zum Brennraum 30 auf. Dieses Strömungsleitelement 40 sorgt in Verbindung mit dem dritten äußeren Luftleitkanal 41 an der Düse 2 für eine gewollte Strömungsführung des Kraftstoff-Luft-Gemischs, das aus der Düse 2, genauer der verdrallten Luft aus den Luftleitkanälen 26, 27a und 27b sowie dem Kraftstoffleitkanal 25, entsteht.

[0037] Bei der Düse 2 der Figur 2C, bei der sich um eine druckunterstützte Einspritzdüse handelt, folgen, bezogen auf die Düsenlängsachse DM und in Richtung auf die Düsenaustrittsöffnung, auf das Ende des Kraftstoffleitkanals 25, aus dem im Betrieb des Triebwerks T Kraftstoff der Luft aus dem ersten inneren, sich mittig erstreckenden Luftleitkanal 26 zugeführt wird, die Enden der zweiten und dritten radial außen liegenden Luftleitkanäle 27a und 27b. Um nun im Betrieb des Triebwerks T instationäre Kraftstoffansammlungen und Kraftstoffabströmungen an diesem Ende des Kraftstoffleitkanals 25 zu vermeiden und eine zeitlich sowie räumlich Vergleichmäßigung der Kraftstoffabgabe respektive Kraftstoffeinspritzung zu erreichen, ist eine geometrisch in dieser Hinsicht optimierte Ausgestaltung des Düsenendes (des Endes des Düsenhauptkörpers 20) vorgeschlagen. Eine Ausführungsvariante hierzu veranschaulicht die Figur 1 in vergrößertem Maßstab.

[0038] Bei einer in der Figur 1A dargestellten Düse 2 ist zwischen dem Ende des Kraftstoffleitkanals 25 und dem Ende des zweiten Luftleitkanals 27a an der Düse 2 ein sich verjüngendes Kanalstück 9 mit einer in axialer Richtung geneigt verlaufenden Mantelfläche 292b ausgebildet. Die geneigt verlaufende Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 schließt sich dabei an eine radial äußere Mantelfläche 291b des Kraftstoffleitkanals 25 an. Die Mantelflächen 291b und 292b verlaufen hierbei unter einem Winkel größer als 10° zueinander, um über die sich an den Kraftstoffleitkanal 25 anschließende Mantelfläche 292b eine sich in Richtung der Düsenaustrittsöffnung erstreckende Vorfilm- oder 'Prefilm'-Fläche für die Anlage des Kraftstoffs zu definieren. Der Kraftstoffleitkanal 25 geht somit in das Kanalstück 9 über, das sich in Richtung der Düsenaustrittsöffnung und damit zu einem Ende des zweiten radial außen liegenden Luftleitkanals 27a hin verjüngt bzw. das in Richtung der Düsenaustrittsöffnung konvergiert.

[0039] Der Kraftstoffleitkanal 25 ist hierbei am Ende der Düse 2 mit einem radial nach innen abgewinkelten Kanalabschnitt 251 ausgebildet. Dieser abgewinkelte Kanalabschnitt 251 schließt sich an einen im Wesentlichen parallel zur Düsenlängsachse DM verlaufenden Kanalabschnitt 250 des Kraftstoffleitkanals 25 an, der entsprechend der Querschnittsansicht der Figur 1A durch parallel zueinander verlaufende innere und äußere Mantelflächen 290a und 290b berandet ist. Während dann eine radial innenliegende Mantelfläche 291a des sich anschließenden, abgewinkelten Kanalabschnitts 251 bis zu einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26 geführt ist, geht die gegenüberliegende, radial äußere Mantelfläche 291b des abgewinkelten Kanalabschnitts 251 in die Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 über, das gegenüber dem ersten, inneren Luftleitkanal 26 einen größeren Durchmesser aufweist. Der Übergang zwischen dem Kraftstoffleitkanal 25 und dem Kanalstück 9 im Bereich der Mantelflächen 291b und 292b ist vorliegend stetig und kantenfrei über eine Rundung gestalten, die einen Radius R_{PFO} , hier von maximal 2 mm, aufweist.

[0040] Der (durchweg) größere Durchmesser des Kanalstücks 9 gegenüber dem Durchmesser des inneren, ersten Luftleitkanals 26 ergibt sich durch einen radialen Versatz der äußeren Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 zu einem Ende der Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26. Der Kraftstoffleitkanal 25 ist somit nicht vollständig bis auf den Durchmesser des ersten Luftleitkanals 26 geführt. Der Durchmesser des Kanalstücks 9 an seiner breitesten Stelle im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals 25 ist vielmehr um einen Abstand $2\Delta r_1$ größer als ein Durchmesser $2r_{inner}$ des ersten Luftleitkanals 26 am Ende des Kraftstoffleitkanals 25. Die Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 ist somit im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals 25 um einen Abstand Δr_1 zu einem Ende der Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26 radial nach außen versetzt. In der dargestellten Ausführungsvariante beträgt der Abstand Δr_1 weniger als 0,8 mm, insbesondere weniger als 0,665 mm. Z.B. kann der Abstand Δr_1 wenigstens 0,2 mm und maximal 2 mm betragen. Grundsätzlich kann Δr_1 aber auch kleiner als 0,2 mm oder sogar null sein.

[0041] Über eine Länge x_{PF} verjüngt sich das Kanalstück 9 in Richtung der Düsenaustrittsöffnung. Hierbei bleibt jedoch ein Versatz zu dem Ende des ersten Luftleitkanals 26 erhalten. Die Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 ist auch im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals 27b und damit am (hinteren, stromab liegenden) Ende des Kanalstücks 9 radial um einen Abstand Δr_2 (mit $0 \leq \Delta r_2 < \Delta r_1$) zu der Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26 versetzt. Dementsprechend erstreckt sich die Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 zwar radial nach innen, jedoch nicht über eine virtuelle Verlängerung einer radial äußeren Abschlusskante des ersten Luftleitkanals 26. Die virtuelle Verlängerung der radial

äußeren Abschlusskante des ersten Luftleitkanals 26 ist dabei in der Figur 1A über eine Referenzachse RF dargestellt. Der Durchmesser des Kanalstücks 9 ist somit stets größer als der Durchmesser des ersten Luftleitkanals 26 am Ende des Kraftstoffleitkanals 25. Bei der dargestellten Ausführungsvariante der Figur 1A beträgt ein Abstand Δr_2 beispielsweise wenigstens 0,1 mm, insbesondere 0,2 mm.

[0042] Die Verjüngung des Kanalstücks 9 ist ferner so gewählt, dass die Mantelfläche 292b des Kanalstücks 29 unter einem Winkel $\alpha \leq 40^\circ$ zur Düsenlängsachse DM verläuft. Über eine solche Verjüngung über eine Länge von x_{PF} von wenigstens 1 mm, insbesondere von wenigstens 2 mm, kann im Betrieb ein stetiger Strom an Kraftstoff zu der Düsenaustrittsöffnung erreicht werden. Ferner lässt sich eine räumliche Entkoppelung lokaler Schwingungen aufgrund eines un stetigen Ausströmens an Kraftstoff und an zweiphasigem Gemisch aus Kraftstoff und Luft an einer radial äußeren Abströmkante des Kraftstoffleitkanals 25 vermeiden. Instationäre Kraftstoffansammlungen und Kraftstoffabströmungen am Ende des Kraftstoffleitkanals 25 werden ebenfalls vermieden. Der Kraftstoff wird über die dann als Leitfläche für einen Film an Kraftstoff dienende Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 gleichmäßiger gefördert, wodurch sich eine homogenere Kraftstofftröpfchen-Verteilung in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch an der Düsenaustrittsöffnung ergibt. Ein sich dadurch ergebendes zeitlich kontinuierliches Spray mit geringem Kraftstofftropfen-Durchmesser führt dann wiederum zur Absenkung von bei der Verbrennung im Brennraum 30 entstehender Schadstoffe. Die Länge x_{PF} kann beispielsweise auf maximal 7 mm begrenzt sein. Beispielsweise gilt $x_{PF} \geq 3 \Delta r_1$.

[0043] In Abweichung von der in der Figur 1 dargestellten Variante können die Abstände Δr_1 und Δr_2 und die Länge x_{PF} auch noch abweichend gewählt werden, insbesondere in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Massenstrom an Kraftstoff an bestimmten vorgegebenen Betriebspunkten des Triebwerks T sowie dem Durchmesser $2r_{inner}$ des inneren ersten Luftleitkanals 26. Die Länge in x_{PF} sollte beispielsweise so lang sein, dass lokal instationäre Effekte infolge der Ausströmung von Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal 25 räumlich von einer Mehrphasenströmung an einer (Zerstäuber-) Kante e_{II} getrennt werden. Diese Kante e_{II} ist an einem Übergang der Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 und einer radial inneren Mantelfläche des zweiten äußeren Luftleitkanals 27a gebildet. Die Kante e_{II} ist ferner möglichst spitz ausgestaltet, um lokale Rückströmungen am verjüngten Ende des Kanalstücks 9 zu vermeiden. Ein Wandabschnitt 29b des Düsenhauptkörpers 2, der einerseits die Mantelfläche des Kanalstücks 9 und andererseits die radial innere Mantelfläche des zweiten Luftleitkanals 27a ausbildet, läuft somit zu der Kante e_{II} , am Ende des Kanalstücks 9 und des zweiten Luftleitkanals 27a hin spitz zu. Hierdurch ist zwischen der Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 und der inneren Mantelfläche des zweiten Luftleitkanals 27a ein scharfkantiger Übergang ausgebildet.

[0044] Ebenso ist zur Vermeidung von Rückströmungen am Ende des Kraftstoffleitkanals 25 ein scharfkantiger Übergang zwischen der Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26 und der inneren Mantelfläche 291a des Kraftstoffleitkanals 25 ausgebildet. Ein Wandabschnitt 29a des Düsenhauptkörpers 2, der einerseits die innere Mantelfläche 291a des Kraftstoffleitkanals 25 und andererseits die Mantelfläche des ersten Luftleitkanals 26 ausbildet, läuft hier somit ebenfalls zu einer Kante e_I am Ende des Kraftstoffleitkanals 25 und des ersten Luftleitkanals 26 spitz zu.

[0045] Im Übrigen ist es selbstverständlich nicht zwingend, dass das Ende der Mantelfläche 292b des Kanalstücks 9 und mithin die (Abschluss-) Kante e_{II} bezüglich der Referenzachse RF radial außen liegt. Die (Abschluss-) Kante e_{II} kann in einer Ausführungsvariante auch bezüglich der radial inneren (Abschluss-) Kante e_I des Kraftstoffleitkanals 25 radial weiter innen liegen, sodass ein Wert für Δr_2 "negativ" sein kann, also $r_{inner} > r_{outer}$ gilt, wobei $2 r_{outer}$ dem Durchmesser des Kanalstücks 9 an dessen düsenaustrittsseitigen Ende (an der Kante e_{II}) entspricht. Beispielsweise ist in einer solchen Ausführungsvariante die Geometrie im Bereich des Kanalstücks 9 entsprechend der ausschnittsweise vergrößerten Darstellung der Figur 1C durch $\Delta r_1 = 0,2$ mm, $\Delta r_2 = 0,1$ mm und $R_{PFO} = 1,0$ mm charakterisiert.

[0046] Bei einer in der Figur 1B dargestellten Weiterbildung der Ausführungsvariante der Figur 1A schließt sich an den abgewinkelten Kanalabschnitt 251 des Kraftstoffleitkanals 25 stromab noch ein (End-)Abschnitt des Kraftstoffleitkanals 25 an, der axial in Richtung der Düsenaustrittsöffnung verläuft. Hierbei ist an der radial inneren Mantelfläche 291a des Kraftstoffleitkanals 25 eine konkave Rundung vorgesehen, über die der abgewinkelte und damit schräg radial nach innen weisende Abschnitt der radial inneren Mantelfläche in einen axial verlaufenden Abschnitt übergeht. Die konkave Rundung weist vorliegend einen Radius R_{Duct} von maximal 15 mm auf und liegt der konvexen Rundung an der radial äußeren Mantelfläche 291b mit dem Radius R_{PFO} gegenüber. Eine axiale Länge l des sich axial erstreckenden, radial innen liegenden Endabschnitts des Kraftstoffleitkanals 25 entspricht hierbei z.B. nur einem Bruchteil der Länge x_{PF} . Zum Beispiel ist diese Länge l kleiner als $0,5 x_{PF}$.

[0047] Der Radius R_{PFO} kann in Abhängigkeit von der Größe der Rundung an der radial inneren Mantelfläche 291a und insbesondere der damit einhergehenden axialen Länge des sich axial erstreckenden (und am Ende bis zu der Kante e_I spitz zulaufenden) radial innen liegenden Endabschnitts des Kraftstoffleitkanals 25 variieren. Bei einem vorhandenen sich axial erstreckenden radial innen liegenden Endabschnitt des Kraftstoffleitkanals 25 und einer für den Übergang vorhandenen konkaven Rundung mit Radius R_{Duct} , wobei $0 < R_{Duct} \leq 15$ mm gilt, liegt der Radius R_{PFO} der konvexen Rundung an der radial äußeren Mantelfläche 291b bei maximal 8 mm.

Bezugszeichenliste

[0048]

5	11	Niederdruckverdichter
	12	Hochdruckverdichter
	13	Hochdruckturbine
	14	Mitteldruckturbine
	15	Niederdruckturbine
10	2	Düse
	20	Düsenhauptkörper
	21	Stamm
	210	Kraftstoffzuleitung
	22	Kraftstoffkammer
15	220	Kraftstoffpassage
	23	Hitzeschild
	24a, 24b	Luftkammer
	25	Kraftstoffleitkanal
	250, 251	Kanalabschnitt
20	26	Erster Luftleitkanal
	27a	Zweiter Luftleitkanal
	27b	Dritter Luftleitkanal
	28	Dichtungselement
	290a, 290b, 291a, 291b	Mantelfläche
25	292b	Mantelfläche / Leitfläche
	29a, 29b	Wandabschnitt
	3	Brennkammer
	30	Brennraum
	300	Hitzeschild
30	31	Brennkammerkopf
	310	Kopfplatte
	4	Brennerdichtung
	40	Strömungsleitelement
	41	Luftleitelement
35	9	Kanalstück
	A	Auslass
	B	Bypasskanal
	BK	Brennkammerabschnitt
	C	Auslasskonus
40	D	Diffusor
	DM	Düsenlängsachse
	E	Einlass / Intake
	e_{II} , e_{II}	Kante
	F	Fan
45	F1, F2	Fluidstrom
	FC	Fanghäuse
	G	Außengehäuse
	L	Zugangsloch
	I	Länge
50	M	Mittelachse / Rotationsachse
	R	Brennkammerring
	RF	Referenzachse
	r_{inner} , r_{outer}	Radius
	R_{Duct} , R_{PFO}	Radius
55	S	Rotorwelle
	T	(Turbofan-)Triebwerk
	TT	Turbine
	V	Verdichter

x_{PF}	Länge
$\Delta r_1, \Delta r_2$	Abstand
α	Winkel

Patentansprüche

1. Düse für eine Brennkammer (3) eines Triebwerks (T) zur Bereitstellung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches an einer Düsenaustrittsöffnung der Düse (2), wobei die Düse (2) einen die Düsenaustrittsöffnung aufweisenden Düsenhauptkörper (20) umfasst, der sich entlang einer Düsenlängsachse (DM) erstreckt, und der Düsenhauptkörper (20) ferner wenigstens das Folgende umfasst:

- mindestens einen sich entlang der Düsenlängsachse (DM) erstreckenden ersten Luftleitkanal (26) zur Förderung von Luft an die Düsenaustrittsöffnung,
- mindestens einen gegenüber dem ersten Luftleitkanal (26), bezogen auf die Düsenlängsachse (DM), radial weiter außen liegenden Kraftstoffleitkanal (25) zur Förderung von Kraftstoff an die Düsenaustrittsöffnung, und
- mindestens einen gegenüber dem Kraftstoffleitkanal (25), bezogen auf die Düsenlängsachse (DM), radial weiter außen liegenden weiteren, zweiten Luftleitkanal (27a),

wobei ein Ende des Kraftstoffleitkanals (25), an dem Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal (25) in Richtung der Luft aus dem ersten Luftleitkanal (26) ausströmt, bezogen auf die Düsenlängsachse (DM) und in Richtung der Düsenaustrittsöffnung vor dem Ende des zweiten Luftleitkanals (27a) liegt, aus dem Luft aus dem zweiten Luftleitkanal (27a) in Richtung eines Gemisches aus Luft aus dem ersten Luftleitkanal (26) und Kraftstoff aus dem Kraftstoffleitkanal (25) ausströmt,

dadurch gekennzeichnet, dass

zwischen dem Ende des Kraftstoffleitkanals (25) und dem Ende des zweiten Luftleitkanals (27a) an der Düse (2) ein sich verjüngendes Kanalstück (9) mit einer, bezogen auf die Düsenlängsachse (DM), in axialer Richtung geneigt verlaufenden Mantelfläche (292b) ausgebildet ist, die sich an eine radial äußere Mantelfläche (291b) des Kraftstoffleitkanals (25) anschließt.

2. Düse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kanalstück (9) kegelstumpfförmig ausgebildet ist.
3. Düse nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Kanalstück (9) in Richtung der Düsenaustrittsöffnung um wenigstens 0,1 mm und/oder um maximal 4 mm verjüngt.
4. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) unter einem Winkel (α) zu der Düsenlängsachse (DM) geneigt verläuft, der kleiner als 40° ist.
5. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Kanalstück (9) mit einer Länge (x_{PF}) von wenigstens 1 mm und/oder von maximal 7 mm entlang der Düsenlängsachse (DM) erstreckt.
6. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals (25) um einen Abstand (Δr_1) von wenigstens 0,2 mm zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) radial nach außen versetzt ist.
7. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals (27a) zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) radial versetzt ist.
8. Düse nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) im Bereich des Endes des zweiten Luftleitkanals (27a) um einen Abstand (Δr_2) von maximal 1 mm radial nach außen und/oder um einen Abstand (Δr_2) von maximal 0,1 mm radial nach innen zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) versetzt ist.
9. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) im Bereich des Endes des Kraftstoffleitkanals (25) um einen Abstand Δr_1 zu einem Ende einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) radial nach außen versetzt ist und sich das Kanalstück (9) mit einer Länge x_{PF} entlang der Düsenlängsachse (DM) erstreckt, wobei gilt

$$x_{PF} \geq 2\Delta r_1.$$

- 5 10. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial äußere Mantelfläche (291b) des Kraftstoffleitkanals (25) über eine Rundung in die geneigt verlaufende Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) übergeht.
- 10 11. Düse nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rundung einen Radius (R_{PFO}) von maximal 8 mm aufweist, insbesondere von maximal 2 mm.
- 15 12. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer radial inneren Mantelfläche (291a) des Kraftstoffleitkanals (25) eine konkave Rundung vorgesehen ist, über die ein schräg radial nach innen weisender Abschnitt der radial inneren Mantelfläche (291a) in einen am Ende des Kraftstoffleitkanals (25) axial verlaufenden Abschnitt der radial inneren Mantelfläche (291a) übergeht.
- 20 13. Düse nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konkave Rundung der radial inneren Mantelfläche (291a) einen Radius (R_{Duct}) von maximal 15 mm aufweist.
- 25 14. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Ende des Kraftstoffleitkanals (25) zwischen einer Mantelfläche des ersten Luftleitkanals (26) und einer inneren Mantelfläche (291a) des Kraftstoffleitkanals (25) ein scharfkantiger Übergang ausgebildet ist und/oder an dem Ende des Kanalstücks (9) zwischen der Mantelfläche (292b) des Kanalstücks (9) und einer inneren Mantelfläche des zweiten Luftleitkanals (27a) ein scharfkantiger Übergang ausgebildet ist..
- 30 15. Triebwerk mit mindestens einer Düse nach einem der Ansprüche 1 bis 14.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

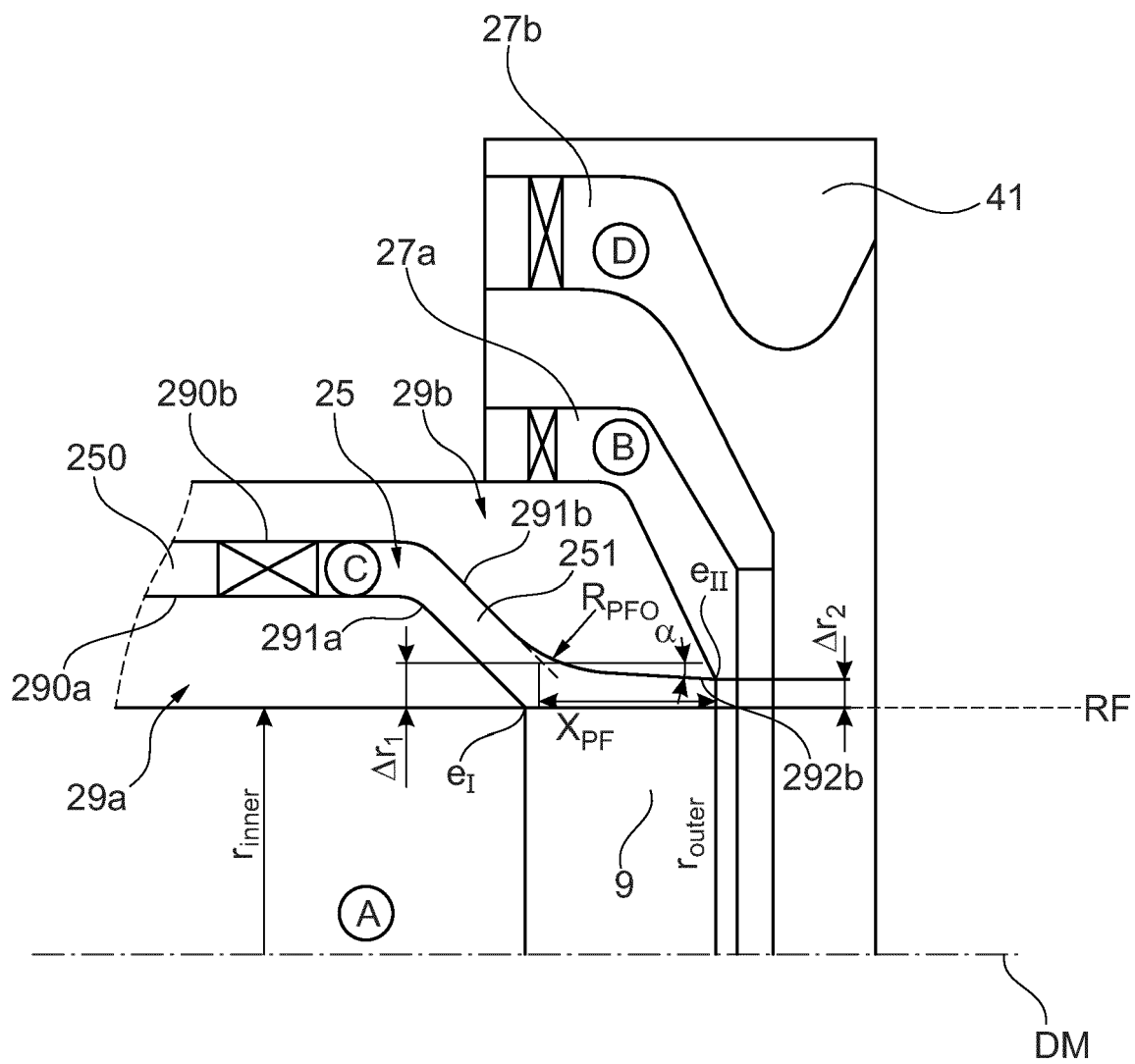


Fig. 1A

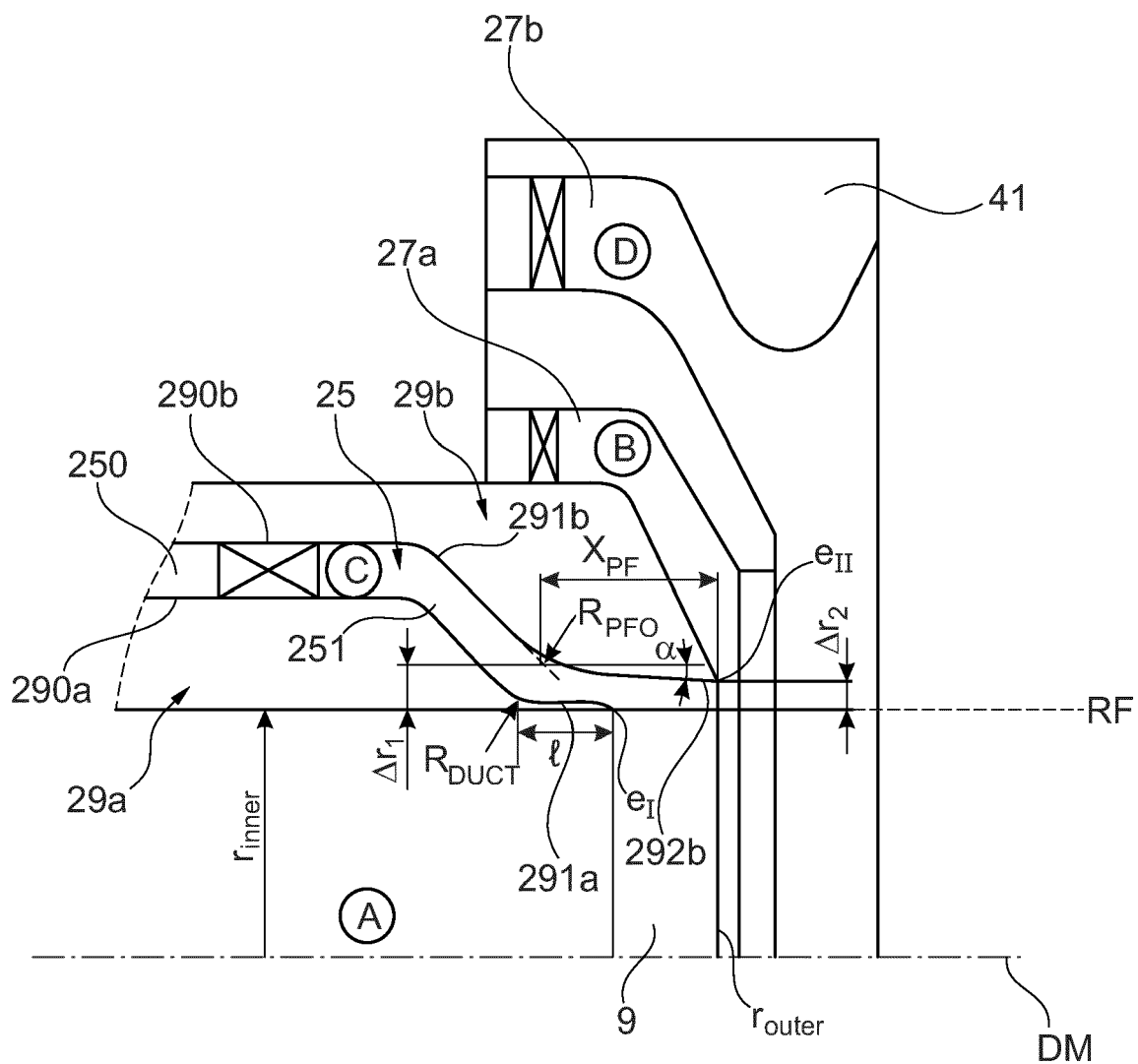


Fig. 1B

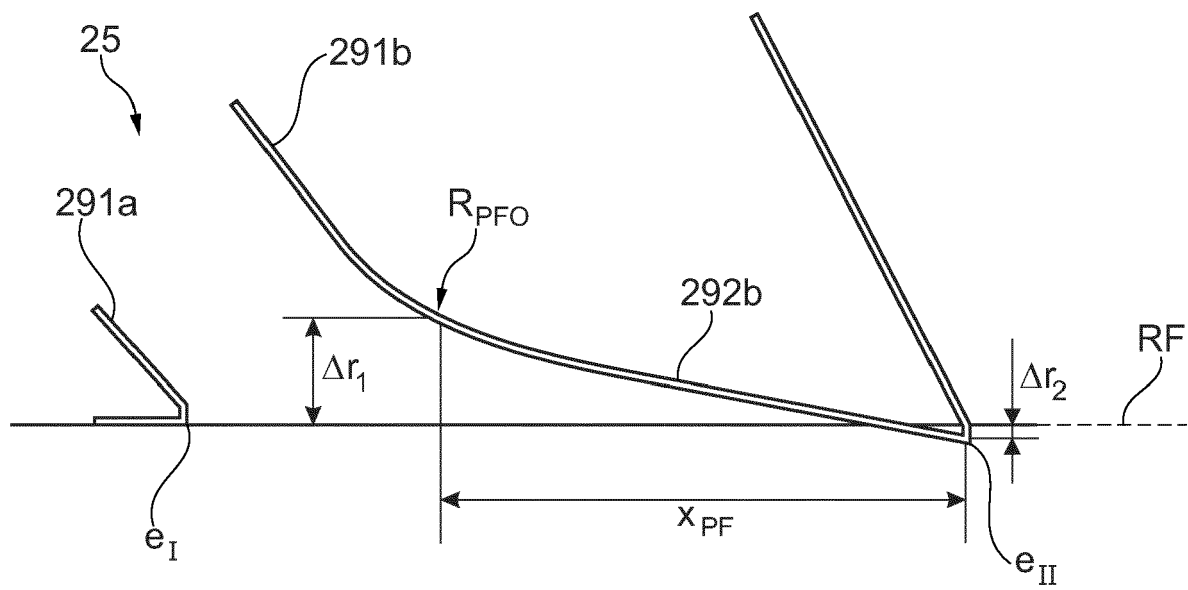


Fig. 1C

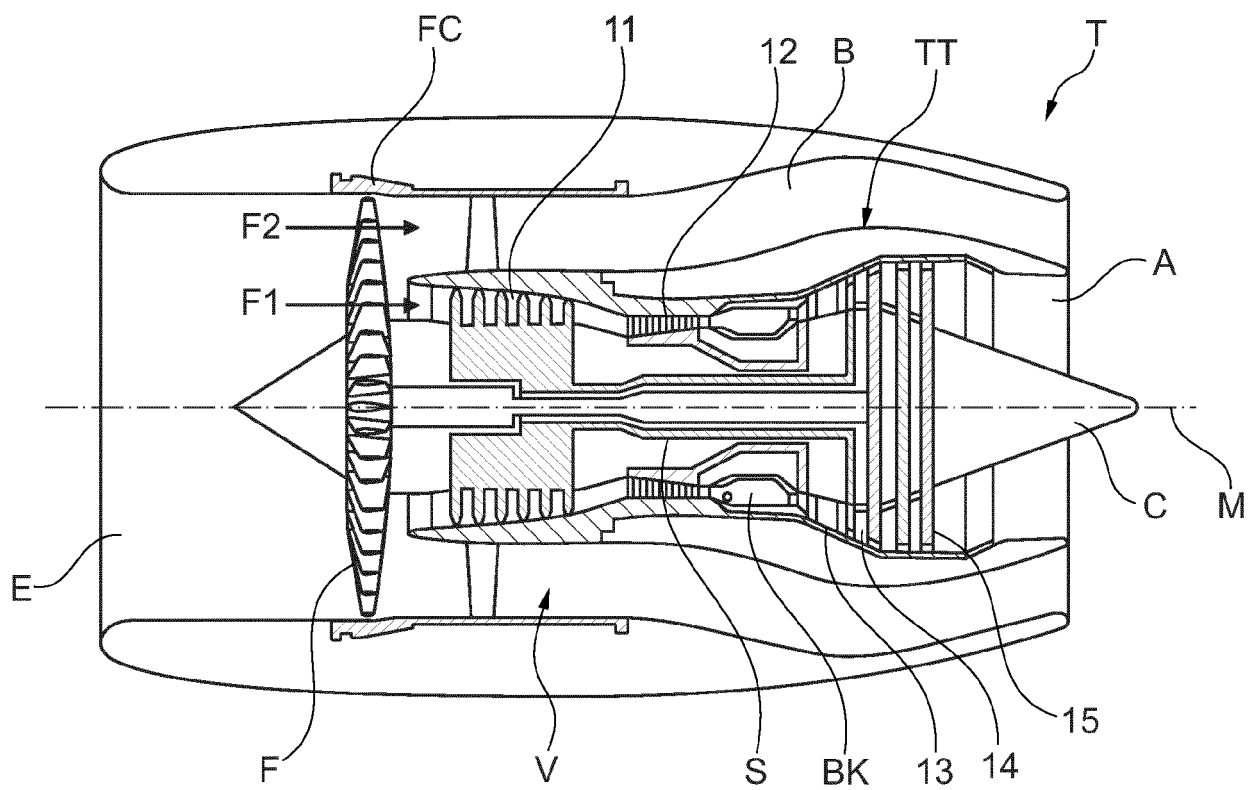


Fig. 2A

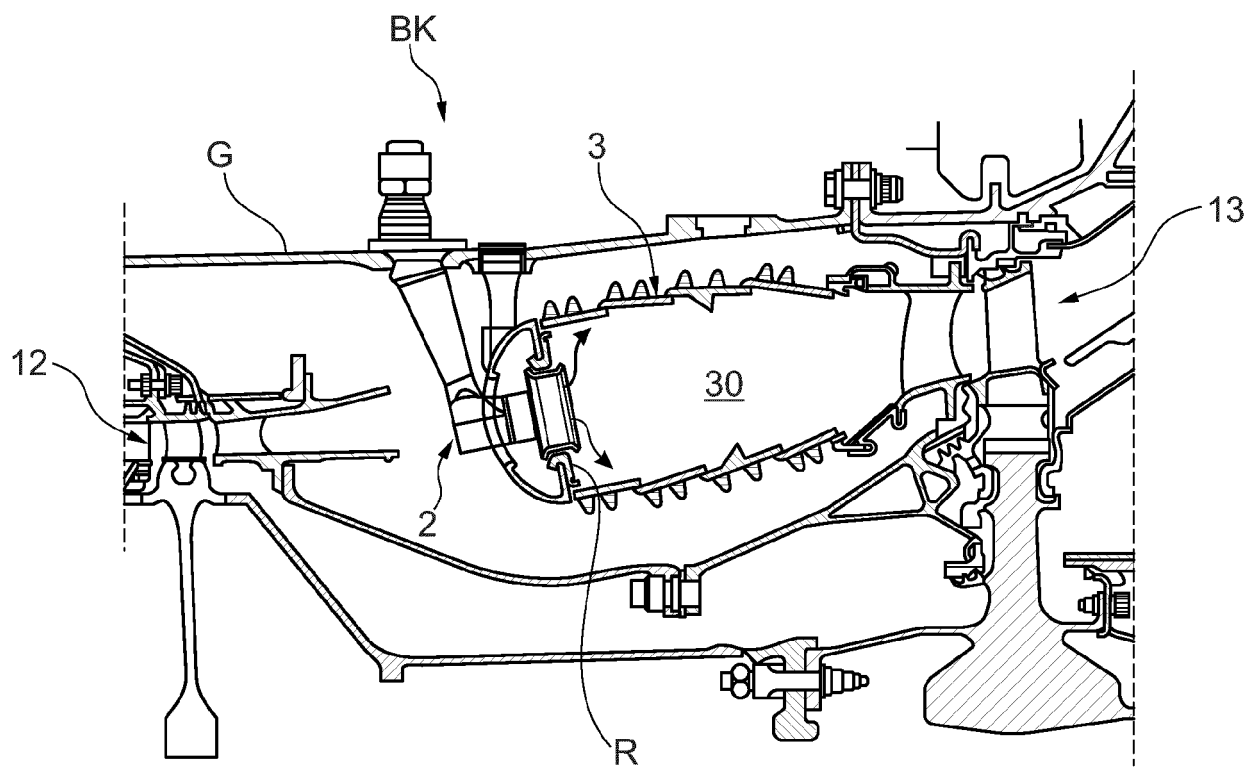


Fig. 2B

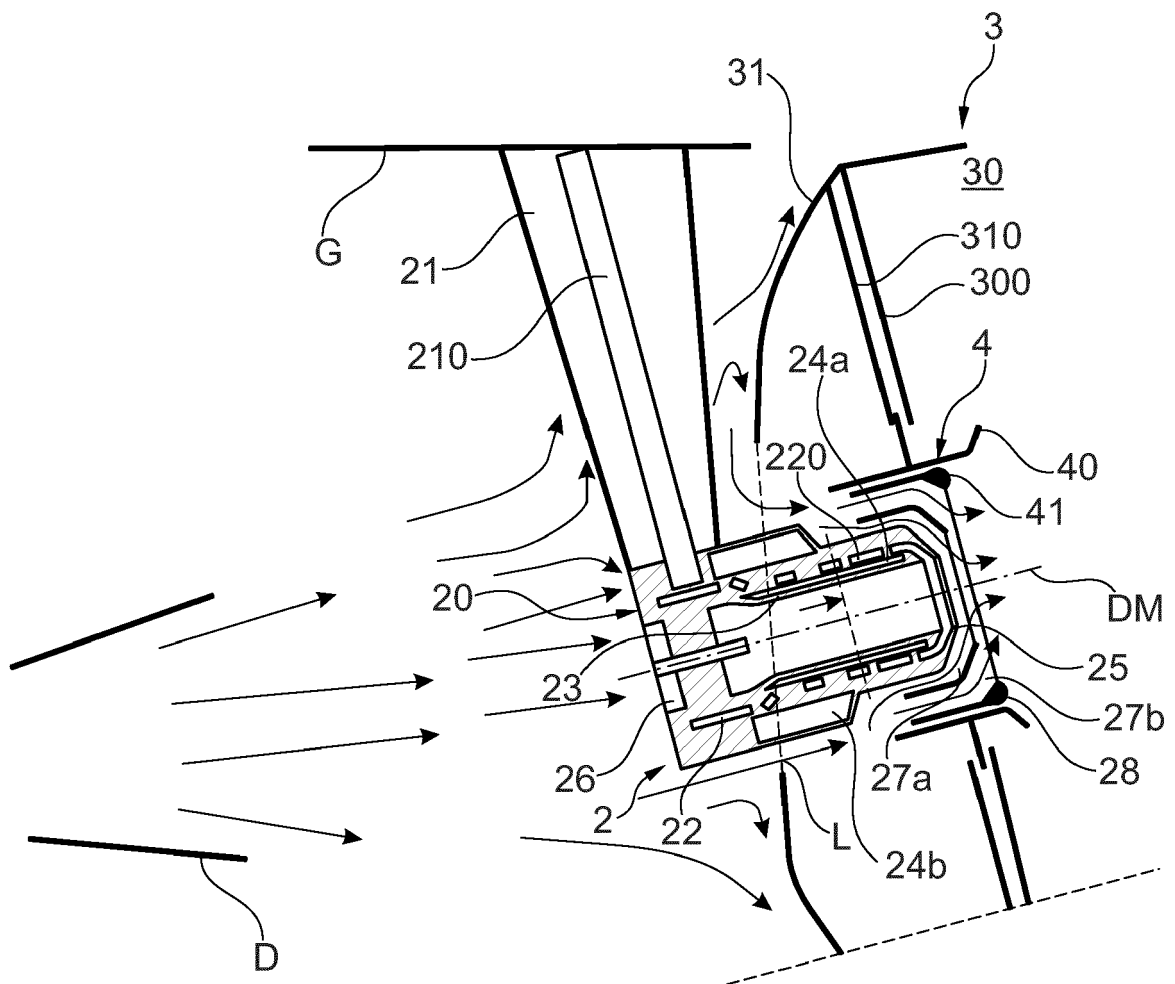


Fig. 2C



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 19 8872

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2014/338353 A1 (MILOSAVLJEVIC VLADIMIR DUSAN [SE]) 20. November 2014 (2014-11-20) * Seite 3, Absatz 36 - Seite 4, Absatz 61 * * Abbildungen 2, 3, 5A, 5B *	1-7, 9-11,14, 15	INV. F23R3/14 F23R3/28
X	DE 25 44 361 A1 (PARKER HANNIFIN CORP) 22. April 1976 (1976-04-22) * Seite 5, Absatz 2 - Seite 11, Absatz 1 * * Abbildungen 2, 3 *	1,2,7,8, 14,15	
X	US 4 941 617 A (RUSSELL SID [US]) 17. Juli 1990 (1990-07-17) * Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 4, Zeile 32 * * Abbildungen 1, 3A, 3B *	1,2,7, 14,15	
X	US 2007/028619 A1 (SPOONER MICHAEL P [GB]) 8. Februar 2007 (2007-02-08) * Seite 2, Absatz 43-47 * * Seite 3, Absatz 51-58 * * Abbildungen 1, 3, 4 *	1,2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23R F23D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Februar 2019	Prüfer Rudolf, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 19 8872

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-02-2019

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014338353 A1	20-11-2014	CN 103119370 A	22-05-2013
		EP 2434221 A1	28-03-2012
		EP 2619506 A1	31-07-2013
		RU 2013118336 A	27-10-2014
		US 2014174096 A1	26-06-2014
		US 2014338353 A1	20-11-2014
		WO 2012038403 A1	29-03-2012

DE 2544361 A1	22-04-1976	CA 1038912 A	19-09-1978
		DE 2544361 A1	22-04-1976
		FR 2287592 A1	07-05-1976
		GB 1491383 A	09-11-1977
		JP S5164116 A	03-06-1976
		JP S5832294 B2	12-07-1983

US 4941617 A	17-07-1990	FR 2640318 A1	15-06-1990
		GB 2226123 A	20-06-1990
		US 4941617 A	17-07-1990

US 2007028619 A1	08-02-2007	EP 1750056 A2	07-02-2007
		US 2007028619 A1	08-02-2007

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- US 9423137 B2 [0003] [0014]