



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 27 756 T2** 2007.12.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 158 156 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 27 756.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 304 570.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F02K 1/30** (2006.01)
F02K 1/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

579818 26.05.2000 US

(73) Patentinhaber:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:

**Koshoffer, John Michael, Cincinnati, Ohio 45218,
US**

(54) Bezeichnung: **Fluid-Regelung für Schubdüsen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Abgassysteme für Flugzeug-Gasturbinenriebwerke und insbesondere ein Steuerungssystem zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse, um die Betriebsmerkmale der Düse zu ändern.

[0002] Moderne Hochleistungsflugzeuge müssen unter einem breiten Spektrum an Flugbedingungen betriebsfähig sein und gleichzeitig einen niedrigen Kraftstoffverbrauch und eine hohe Manövrierfähigkeit beibehalten. In der Regel weisen diese Flugzeuge pro Triebwerk eine Schubdüse auf, die das Variieren des Abgas-Strömungsquerschnitts erlaubt. Die Düse weist einen konvergenten Kanal, eine Ebene mit einem als Verengung bekannten minimalen Strömungsquerschnitt und einen an einem Düsenausgang endenden divergenten Kanal auf. Die Verengung und der Ausgang können hinsichtlich ihrer Größe variiert werden, damit bei allen Triebwerksleistungsstufen, Fluggeschwindigkeiten und Flughöhen ein effizienter Triebwerksbetrieb möglich ist. Einige Düsen mit variablem Strömungsquerschnitt ermöglichen die als Schubvektorsteuerung bekannte steuerbare Ablenkung der Richtung des Abgasstroms, um die Steuerbarkeit des Flugzeugs zu verbessern. Die Schubvektorsteuerung birgt das Potenzial wesentlicher Leistungsvorteile und kann es gestatten, konventionelle aerodynamische Steuerelemente, wie z. B. Leitflächen, zu verkleinern oder ganz zu beseitigen.

[0003] Leider erfordert eine Düse mit variablem Querschnitt einen komplexen Mechanismus, der schwer und teuer ist. Sie weist mehrere bewegliche Klappen mit zugehörigen Kopplungen und hydraulischen Stellantrieben auf. Der Mechanismus erhöht das Gewicht und die strukturelle Komplexität und macht eine regelmäßige Wartung erforderlich. Noch größeren Beeinträchtigungen hinsichtlich des strukturellen Gewichts unterliegt der Mechanismus mit variablem Querschnitt in Düsen, die unkonventionelle Formen, wie z. B. einen breiten, einen elliptischen oder einen rautenförmigen Querschnitt, aufweisen. Darüber hinaus weist jede bewegliche Klappe der Düse mit variablem Querschnitt zwischen benachbarten Strukturen Kanten und Flächenlücken auf, welche die Düse für das Radar besser sichtbar machen, was bei Militärflugzeugen unerwünscht ist.

[0004] Als Alternative zu der mechanisierten Variation der physischen Begrenzungen der Verengung und des Ausgangs können die Strömungsquerschnitte strömungstechnisch variiert werden, wodurch sich mehrere Vorteile ergeben. Effektive Strömungsquerschnitte in einer strömungstechnischen Düse werden durch das Einblasen von Druckluft an ausgewählten Positionen entlang eines Umfangs der Verengung

oder des divergenten Kanals variiert, um den für Abgas verfügbaren Querschnitt zu verengen und somit einen Bereich des Strömungsquerschnitts aerodynamisch zu blockieren. Infolgedessen lässt sich die Düse hinsichtlich ihrer Geometrie mechanisch fixieren, ohne dass bewegliche Klappen erforderlich sind. Das Düsengewicht ist niedrig, da es keine Stellantriebe oder beweglichen Teile gibt und die Struktur effizienter ist. Die Düse kann jede gewünschte Form aufweisen und ist daher einfacher in die strukturelle Konstruktion eines Flugzeugs zu integrieren. Die Oberflächen der Düse sind glatt, ohne Lücken, was eine verbesserte Radarsignatur erlaubt.

[0005] Im Dokument US-A-3,420,060 ist ein Steuerungssystem zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse beschrieben, das im Allgemeinen mit dem Oberbegriff von Anspruch 1 übereinstimmt: Ein Nachteil der strömungstechnischen Düse war bislang, dass ein komplexes System aus Rohren, Verteilern und Ventilen benötigt wurde, um Druckluft an gewünschte Orte zu verteilen. Ein Typ einer strömungstechnischen Düse erfordert beispielsweise drei Verteiler und neun Ventile sowie Verbindungsrohre zum Zuführen von Verdichterabluft an verschiedene Orte. Diese Teile erhöhen das Gewicht und die Kosten und schmälern die Zuverlässigkeit. Außerdem müssen die Teile um die Düse herum verteilt werden und können nicht an einem einzigen Ort untergebracht werden, der für eine geringere Anfälligkeit gegenüber Waffen konzipiert wurde, was die Überlebenschancen verringert.

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Steuerungssystem zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse bereitgestellt, um die Betriebsmerkmale der Düse zu ändern, wobei das Steuerungssystem Folgendes umfasst:

eine Kammer mit einem hohlen Innenraum, einem stromaufseitigen Ende und einem stromabseitigen Ende,

eine Anzahl von Auslassdurchgängen an dem stromabseitigen Ende, die sich von dem hohlen Innenraum der Kammer bis an Stellen innerhalb der Schubdüse erstrecken, und

einen sich von einer Druckluftquelle zu dem hohlen Innenraum der Kammer an dem stromaufseitigen Ende erstreckenden einstellbaren Einlass zum Zuführen eines Druckluftstrahls in die Kammer, wobei der Einlass zum Lenken des Druckluftstrahls zu einem oder mehreren ausgewählten Auslassdurchgängen der Anzahl von Auslassdurchgängen an dem stromabseitigen Ende der Kammer einstellbar ist, um Luft über den einen oder die mehreren Auslässe einer oder mehreren entsprechenden Stellen innerhalb der Schubdüse zuzuführen, wodurch die Betriebsmerkmale der Düse geändert werden, dadurch gekennzeichnet, dass der einstellbare Einlass frei von

mechanischen Strömungsablenkern strömungstechnisch gesteuert wird.

[0007] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse bereitgestellt, dass dadurch gekennzeichnet ist, dass die Düse dem Typ entspricht, der eine strömungstechnische Einblasfunktion aufweist, wobei eine erste Strömung von mit Druck beaufschlagtem Gas der Düse zugeführt und in einen Abgasstrom zum strömungstechnischen Variieren der Betriebsmerkmale der Düse eingeblasen wird, wobei das Verfahren den Schritt umfasst, das Einblasen der ersten Strömung in den Abgasstrom mit Hilfe eines strömungstechnischen Steuerungssystems selektiv zu steuern, indem eine zweite Strömung von mit Druck beaufschlagtem Gas in die erste Strömung eingeblasen wird, um eine Verteilung der ersten, der Düse zugeführten Strömung anzupassen, sodass der Abgasstrom durch das Einblasen der ersten Strömung strömungstechnisch gesteuert wird und die erste Strömung durch das Einblasen der zweiten Strömung strömungstechnisch gesteuert wird.

[0008] Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden exemplarisch beschrieben, wobei auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird:

[0009] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht eines Steuerungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0010] [Fig. 2](#) ist ein Schnitt entlang der in [Fig. 1](#) dargestellten Linie 2-2.

[0011] [Fig. 3](#) ist eine schematische Ansicht einer strömungstechnischen Schubdüse in einer Dry-Power-Konfiguration ohne Schubvektorsteuerung.

[0012] [Fig. 4](#) ist eine schematische Ansicht der Düse in einer Nachverbrennungskonfiguration ohne Schubvektorsteuerung.

[0013] [Fig. 5](#) ist eine schematische Ansicht der Düse in einer Dry-Power-Konfiguration mit Schubvektorsteuerung.

[0014] [Fig. 6](#) ist eine schematische Ansicht der Düse in einer Nachverbrennungskonfiguration mit Schubvektorsteuerung.

[0015] [Fig. 7](#) ist eine schematische Ansicht eines Kanals zum Einblasen von Steuerluft in das Steuerungssystem, um einen Luftstrom durch das System zu lenken.

[0016] [Fig. 8](#) ist eine schematische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines Steuerungssystems zum Lenken einer Strömung durch das System.

[0017] Entsprechende Bezugszeichen kennzeichnen in der Gesamtheit aller Ansichten der Zeichnungen sich entsprechende Teile.

[0018] Im Folgenden wird auf die Zeichnungen und insbesondere auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, in der im Allgemeinen mit **11** ein Steuerungssystem zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse gekennzeichnet ist, das zum Ändern der Betriebsmerkmale der Düse dient. Das Steuerungssystem **11** weist einen einstellbaren Einlass **13**, eine Kammer **15** mit einem hohlen Innenraum und mehrere Auslässe **17** auf. Ein Druckluftstrom strömt nacheinander von dem Einlass **13** in die Kammer **15** und dann in einen oder mehrere Auslassdurchgänge **17**.

[0019] Der Einlass **13** umfasst einen Kanal, der dem Steuerungssystem aus einer Quelle **19** für Druckluft eine Strömung aus Gas, wie z. B. Luft, zuführt. Vorzugsweise handelt es sich bei der Quelle **19** um das Gasturbinentriebwerk oder um einen geeigneten Luftauslass an dem Triebwerk, wie z. B. einen Verdichterabluft-Ausblasstutzen (nicht dargestellt). Verdichterabluft hat wenigstens einen Bereich des Triebwerkverdichters durchströmt und dabei den Druck ausreichend erhöht, um das Vorwärtstreiben der Luft an jeden Ort in der Schubdüse mit einem positiven Druckgradienten zu ermöglichen. Alle geeigneten Druckluftquellen, wie z. B. Abzweigungen oder Ableitungen einer mittleren Verdichterstufe, ein Fan-Ausblasstutzen des Triebwerks, eine Einlass-Bypassleitung oder ein unabhängiger Luftkreislauf, können jedoch genutzt werden, ohne dass vom Geltungsbe- reich der Erfindung abgewichen wird.

[0020] Der Einlass **13** weist vorzugsweise ein Steuerventil **21** zum selektiven Variieren des Strömungsdurchsatzes durch den Einlass auf. Das Ventil **21** kann selektiv durch ein geeignetes Steuerungssystem eingestellt werden, das in [Fig. 1](#) schematisch durch einen Knebelgriff **23** dargestellt ist. Der gewählte Strömungsdurchsatz kann von Null bis zu einer maximalen Strömung reichen, die durch eine Größe des Einlasses und den Luftdruck begrenzt wird. Das Ventil **21** kann an einer beliebigen Position entlang dem Einlass **13** zwischen der Luftquelle **19** und der Kammer **15** angeordnet sein. Im Geltungsbe- reich dieser Erfindung ist jedoch ein Einlass ohne Steuerventil enthalten.

[0021] Die Kammer **15** ist eine Plenumkammer mit einem Querschnitt, der größer als der Einlass **13** ist und für den von dem Einlass gelieferten Luftstrom deutlich überdimensioniert ist. Daher dehnt sich der Luftstrom nicht genügend aus, um die Kammer **15** zu füllen. Vielmehr trennt sich die Luft beim Durchströmen der Kammer von peripheren Wänden der Kammer. Folglich bildet der Luftstrom beim Einströmen in die Kammer **15** einen freien Luftstrahl. Der Strahl

kann, wie unten erörtert, zu einem oder mehreren Auslassdurchgängen **17** an einem stromabseitigen Ende **25** der Kammer geleitet oder gelenkt werden.

[0022] Daher umfassen die Auslassdurchgänge **17** Prallplatten für den Strahl. Der Strahl kann entlang einer Seite der Kammer **15** oder auf eine eher zentrale Position gelenkt werden. Die Kammer **15** kann, wie in der bevorzugten Ausführungsform der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt, eine zylindrische Form oder eine andere geeignete Form aufweisen, ohne dass vom Geltungsbereich dieser Erfindung abgewichen wird.

[0023] Die Auslassdurchgänge **17** sind um das stromabseitige Ende **25** der Kammer **15** herum angeordnet, damit der Luftstrahl zu einem oder mehreren Auslassdurchgängen gelenkt werden kann. Wie in [Fig. 1](#) zu sehen ist, weist die bevorzugte Ausführungsform acht Auslassdurchgänge **17** auf. Die Durchgänge sind, wie in [Fig. 2](#) zu sehen ist, so geformt, dass sie aneinander grenzende Sektoren **27** eines Kreises und Sektoren eines Rings bilden, der im Allgemeinen das stromabseitige Ende der Kammer **15** abdeckt. Das stromabseitige Ende **25** kann kugelförmige, konkave, konvexe, flache oder andere geeignete Formen aufweisen. Eine beliebige Anzahl von Auslassdurchgängen **17**, Formen, Anordnungen und Positionen von Auslassdurchgängen an der Kammer **15** sind möglich, ohne dass vom Geltungsbereich dieser Erfindung abgewichen wird.

[0024] In den [Fig. 3–Fig. 6](#) wird eine strömungstechnisch gesteuerte Schubdüse allgemein mit **31** bezeichnet. Die Düse **31** kann jede geeignete Querschnittsform, z. B. kreisförmig, rechteckig, elliptisch oder rautenförmig, aufweisen. Die Düse **31** weist einen konvergenten Kanal **33**, einen als Verengung **35** bezeichneten minimalen Strömungsquerschnitt und einen divergenten Kanal **37** auf.

[0025] Jeder Auslassdurchgang **17** ist mit einer Stelle oder einem Bereich entlang einer Innenoberfläche der Schubdüse **31** verbunden, damit eine Strömungsverbindung zwischen der Kammer **15** und der Düse hergestellt wird. Durch die Kammer **15** und in einen der Auslassdurchgänge **17** strömende Luft wird zu der entsprechenden Stelle an der Schubdüse **31** geleitet. Die Stellen können jeden Bereich der Schubdüse einschließen, in dem Luft benötigt wird. Beispielsweise zählen zu den acht Stellen der bevorzugten Ausführungsform die obere, untere, linke und rechte Seite der Verengung **35** sowie die obere, untere, linke und rechte Seite des divergenten Kanals **37** an einer Position, die ungefähr 80 % des Abstands von der Verengung bis zum Ausgang entspricht. Die Luft kann an andere Stellen und/oder an eine andere Anzahl von Stellen geleitet werden, ohne dass vom Geltungsbereich dieser Erfindung abgewichen wird.

[0026] Jeder Auslassdurchgang **17** weist ein Aus-

strömungsende **36** ([Fig. 3–Fig. 6](#)) mit einem geeigneten Strömungsdispenser, wie z. B. einem Strömungsgleichrichter, einer Austrittsplatte oder einem Verteiler, auf. Das Ausströmungsende **36** gibt die Luft über der gewünschten Stelle ab, damit diese durch die Düsenoberfläche und in den Hauptabgasstrom eingeblasen werden kann. Das Ausströmungsende ist so geformt, dass es die entlang einer Düsenkanalwand (nicht dargestellt) zugeführte Kühlluft nicht störend beeinflusst, sodass die Düsenkühlung im Wesentlichen unbeeinträchtigt ist.

[0027] Ohne die strömungstechnische Einblasung ist die Verengung **35** durch die physikalischen Grenzen des Kanals an der Verengung definiert. Wie für den Fachmann nachvollziehbar ist, reduziert die strömungstechnische Einblasung den effektiven Strömungsquerschnitt, indem sie einen Bereich des physikalischen Strömungsquerschnitts mit eingeblasener Luft blockiert. Zur Bildung der in [Fig. 4](#) dargestellten Nachverbrennungskonfiguration ohne Schubvektorsteuerung kann der Querschnitt der Verengung **35** durch das Einblasen von Luft reduziert werden, die zwischen den oberen und unteren Stellen symmetrisch geteilt wird. Zur Verwirklichung dieser Konfiguration wird der Luftstrahl parallel zu einer Mittelachse **38** in der Kammer **15** gelenkt. Der Strahl wird, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, auf die Mitte des stromabseitigen Endes **25** der Kammer **15** gerichtet, wo er in ungefähr gleiche Bereiche der aneinander grenzenden Sektoren **27** des Kreises aufgeteilt wird. Diese Auslasssektoren **27** führen zu Stellen, die im Allgemeinen die Verengung **35** der Düse umgeben. Zur Bildung der in [Fig. 3](#) dargestellten Dry-Power-Konfiguration ohne Schubvektorsteuerung kann der Verengungsquerschnitt durch Einblasen einer größeren Luftmenge weiter verringert werden. Zur Verwirklichung dieser Konfiguration wird der Strahl weiterhin parallel zu der Mittelachse **38** gelenkt, während das Ventil **21** im Einlass **13** so eingestellt wird, dass es eine größere Menge Druckluft zuführt und dadurch die effektive Größe der Verengung **35** verringert.

[0028] Die Schubvektorsteuerung lässt sich verwirklichen, indem Luft in einem nicht symmetrischen Muster eingeblasen wird, wie in den dargestellten Konfigurationen mit Vektorsteuerung gezeigt wird, die in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt sind. Luft wird an einer Stelle auf der unteren Oberfläche des divergenten Kanals **37** an einer weiter stromabseitig gelegenen Position als an der oberen Oberfläche eingeblasen. Eingeblasene Luft lenkt den Hauptabgasstrom ab, und die Verengungsebene wird abgelenkt, wodurch der Abgasstrom tendenziell gedreht wird und ein entsprechender Schubkraftwinkel generiert wird. Der Betrag der Schubkraft wird durch dieses Verfahren der Vektorsteuerung nicht wesentlich verringert. Zur Verwirklichung der in [Fig. 6](#) dargestellten Konfiguration wird der Strahl aufwärts in die Kammer gelenkt, wo er, unter den in [Fig. 2](#) darge-

stellten oberen Sektoren **27**, **29** aufgeteilt wird. Der obere Sektor **29** des Rings führt zu einer Stelle an dem divergenten Kanal **37** entlang der unteren Düsenseite, während der obere Sektor **27** des Kreises zu einer Stelle an der Verengung **35** entlang der oberen Seite führt. Die in [Fig. 5](#) dargestellte Konfiguration wird mit der gleichen Lenkbahn wie in [Fig. 6](#) verwirklicht, wobei jedoch das Ventil **21** so eingestellt wird, dass es eine größere Druckluftmenge zuführt, um die Verengung **35** auf eine effektive Größe zu verkleinern, die für den Dry-Power-Betrieb geeignet ist.

[0029] Obwohl in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) die Schubvektorsteuerung mit vertikaler oder Steigungsebene dargestellt ist, lässt sich die Schubvektorsteuerung mit horizontaler oder Gierebene ohne Weiteres verwirklichen, indem Luft einer geeigneten Stelle oder einer Kombination aus Stellen an den Querseiten der Düse **31** zugeführt wird. Gleichmaßen wird ohne Weiteres die Schubvektorsteuerung mit einer Kombination aus Steigungs- und Gierebene sowie die Kombination aus Variation des Verengungsquerschnitts und Schubvektorsteuerung verwirklicht.

[0030] Wie oben erwähnt, kann der Luftstrom in der Kammer **15** zu einem oder mehreren der Auslassdurchgänge **17** gelenkt oder geleitet werden. Die Lenkung erfolgt vorzugsweise im Allgemeinen an einer Steuerungsebene **39** ([Fig. 1](#)), die dort angeordnet ist, wo die Strömung den Einlass **13** verlässt und in die Kammer **15** eindringt, obwohl andere Positionen in der Kammer nicht vom Geltungsbereich dieser Erfindung abweichen. Nach der erfolgten Lenkung strömt der Strahl im Allgemeinen weiter entlang einer konstanten Bahn durch die gesamte Kammer **15**. Wird beispielsweise Luft in dem oberen Ringsektor **29** benötigt, wird der in die Kammer **15** einströmende Luftstrom zu diesem Sektor gelenkt, um dem Auslassdurchgang und der entsprechenden Stelle der Düse **31** Luft zuzuführen.

[0031] Die Lenkung wird frei von mechanischen Strömungsablenkern durch ein strömungstechnisches Verfahren verwirklicht. In der in [Fig. 7](#) dargestellten bevorzugten Ausführungsform werden mehrere Zungen **41** oder Platten um eine Peripherie des Einlasses **13** und des Eingangs zur Kammer **15** im Allgemeinen an der Steuerungsebene **39** befestigt. Die Zungen **41** verlaufen im Allgemeinen parallel zu den Wänden, sodass zwischen jeder Zunge und der Wand ein Kanal **43** oder eine Reihe von Kanälen gebildet wird. Als Steuerluft bekannte Druckluft wird durch konventionelle Luftstrominjektoren **44** in den Kanal **43** eingeführt, sodass sie ab dem Kanal mit hoher Geschwindigkeit strömt. Die Steuerluft kann entlang eines beliebigen ausgewählten Umfangsbereichs der Einlassperipherie eingeführt werden. Vorzugsweise entstammt die Steuerluft der Verdichtungsabluft des Triebwerks **19**, obwohl andere Quellen in Betracht gezogen werden können. Das Volumen

der in den Kanal **43** eingeführten Steuerluft ist deutlich kleiner als das durch den Einlass **13** strömende Volumen. Obwohl ein System aus Kanälen und Stellventilen (nicht dargestellt) erforderlich ist, um die Steuerluft an ausgewählte Injektoren **44** entlang dem Umfang zu verteilen, sind das Gewicht und die Komplexität dieses Systems aufgrund der geringen Menge an benötigter Steuerluft gering.

[0032] Die Strömung durch den Einlass **13** wird gelenkt, indem Steuerluft an ausgewählten Positionen in Umfangsrichtung um die Einlassperipherie eingeblasen wird. Die Einlassströmung wird teilweise durch einen Mechanismus gedreht, der dem Fachmann als Coanda-Effekt bekannt ist. Der Coanda-Effekt ist eine natürliche Tendenz von Fluiden, an einer Fläche zu haften und von dieser nahezu tangential zum Strömungspfad abgelenkt zu werden. Die Steuerluft aus dem Kanal **43** strömt mit hoher Geschwindigkeit im Allgemeinen parallel zu einer Wand der Kammer **15**, wodurch ein niedriger statischer Druck erzeugt wird, der den aus dem Einlass **13** abgehenden Strahl zu der Wand der Kammer drängt. Steuerluft vermischt sich mit dem Strahl und dreht die Einlassströmung parallel zu der Bewegungsrichtung der Steuerströmung. Beispielsweise wird zum Aufwärtslenken des Strahls Steuerluft entlang einem oberen Bereich des Umfangs des Einlasses **13** in einen Kanal **43** eingeführt. Als Alternative wird zum Abwärtslenken des Strahls Steuerluft entlang einem unteren Bereich des Umfangs des Einlasses **13** in einen Kanal **43** eingeführt. Folglich kann der Strahl so geleitet werden, dass er an einer Wand der Kammer **15**, wie z. B. an einer äußersten oberen oder linksseitigen Fläche, haftet. Bei korrekter Verteilung der Steuerluft in den Kanälen **43** entlang dem Umfang des Einlasses **13** ist zu erwarten, dass der Strahl mit angemessener Genauigkeit selektiv in jeden Winkel zwischen den Wänden an einen beliebigen Ort im Innern der Kammer **15** geleitet werden kann.

[0033] Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, dargestellt in [Fig. 8](#), lenkt die Strömung ebenfalls strömungstechnisch. Hierzu gehört eine poröse Oberfläche **45** oder eine poröse Wand an der Peripherie des Einlasses **13** und des Eingangs zu der Kammer **15**, im Allgemeinen auf Höhe der Steuerungsebene **39**. Durch die poröse Oberfläche **45** wird ein Vakuum oder Sog erzeugt, um die Einlassluftströmung im Allgemeinen lateral zu einer ausgewählten Bahn zu drängen. Wenn die Verbesserung der Steuerbarkeit der Lenkung notwendig ist, kann ein durch den Pfeil **47** gekennzeichnete Steuerluftstrom eingeblasen werden, um die Strömung weiter voranzutreiben. Der eingeblasene Strom **47** ist dem erzeugten Sog im Allgemeinen diametral entgegengesetzt und im Allgemeinen senkrecht zu dem Einlassluftstrom. Es ist möglich, eine Kombination aus Sog und entgegengesetzter Einblasung zu verwenden, oder den Sog bzw. die Einblasung separat zu er-

zeugen. Es ist zu erwarten, dass die Erzeugung eines Sogs und/oder einer entgegengesetzten Einblasung in geeigneter Stärke und an geeigneten Orten den Strahl mit angemessener Genauigkeit in jeden Winkel im Innern der Kammer **15** lenken kann.

[0034] Im Betrieb erlaubt das Steuerungssystem **11** die selektive Verteilung von Druckluft entlang der Innenoberfläche der Schubdüse **31**. Da die Flugbedingungen des Flugzeugs variieren und das Triebwerk auf mehreren Leistungsstufen betrieben wird, muss die Düse **31** verschiedene Verengungsquerschnitte verwirklichen. Das Steuerventil **21** in dem Einlass **13** wird so eingestellt, dass die zum Blockieren des physischen Strömungsquerschnitts strömungstechnisch eingeblasene Strömungsmenge variiert wird. Der Strahl wird in der Kammer **15** zu Auslassdurchgängen **17** gelenkt, die an Stellen an der Verengung **35** der Düse führen, wobei die Strömung symmetrisch um die Verengung verteilt wird. Wenn bei einem Manöver oder zum Steuern des Flugzeugs die Schubvektorsteuerung benötigt wird, wird die Strömung zu einer neuen Kombination von Auslassdurchgängen **17** in der Kammer geleitet. Diese Auslassdurchgänge verteilen die Strömung an Stellen, die nicht symmetrisch um die Düse **31** angeordnet sind, und ändern dadurch die Richtung des Abgasstroms. Der Strahl in der Kammer **15** kann so gelenkt werden, dass er vollständig auf eine Stelle in der Düse **31** gerichtet ist, oder er kann in gewünschten Anteilen auf zwei oder mehr Stellen aufgeteilt werden. Die Lenkung wird durch eines von mehreren Verfahren, vorzugsweise durch das Ändern der Verteilung der kleinen Steuerluftmenge, verwirklicht.

[0035] Wichtig ist, dass die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zur strömungstechnischen Steuerung die Steuerung einer strömungstechnischen Schubdüse mithilfe einer strömungstechnischen Vorrichtung verwirklichen. Das System funktioniert wie ein doppelter Strömungsverstärker. Die kleine Steuerluftströmungsmenge steuert eine größere Einlassluftströmungsmenge, die wiederum eine noch größere Hauptabgasstrommenge steuert.

[0036] Folglich stellt die Erfindung ein Steuerungssystem zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse bereit, um die Betriebsmerkmale der Düse zu ändern. Der einstellbare Einlass **13** und die Kammer **15** führen zu einem geringeren Gewicht, weniger Teilen und niedrigeren Kosten gegenüber strömungstechnischen Düsen nach dem Stand der Technik. Die Teile der vorliegenden Erfindung, die sich größtenteils in der Kammer **15** befinden, lassen sich ohne Weiteres an einem einzigen Ort im Flugzeug unterbringen, sodass eine geringere Anfälligkeit möglich ist.

[0037] Beim Einführen von Elementen der vorlie-

genden Erfindung oder ihrer bevorzugten Ausführungsform(en) soll die Verwendung der unbestimmten und bestimmten Artikel darauf hinweisen, dass von einem oder mehreren der Elemente die Rede ist. Die Begriffe „umfassen“ und „aufweisen“ sollen einschließend sein und bedeuten, dass es zusätzliche Elemente geben kann, die sich von den aufgeführten Elementen unterscheiden.

Patentansprüche

1. Steuerungssystem (**11**) zum selektiven Anpassen effektiver Strömungsquerschnitte einer Flugzeugtriebwerks-Schubdüse (**31**), um die Betriebsmerkmale der Düse (**31**) zu ändern, wobei das Steuerungssystem (**11**) folgendes umfasst:

eine Kammer (**15**) mit einem hohlen Innenraum, einem stromaufseitigen Ende und einem stromabseitigen Ende;

eine Anzahl von Auslassdurchgängen (**17**) an dem stromabseitigen Ende, die sich von dem hohlen Innenraum der Kammer (**15**) bis an Stellen innerhalb der Schubdüse (**31**) erstrecken; und

einen sich von einer Druckluftquelle (**19**) zu dem hohlen Innenraum der Kammer (**15**) an dem stromaufseitigen Ende erstreckenden einstellbaren Einlass (**13**) zum Zuführen eines Druckluftstrahls in die Kammer (**15**), wobei der Einlass zum Lenken des Druckluftstrahls zu einem oder mehreren ausgewählten Auslassdurchgängen der Anzahl von Auslassdurchgängen an dem stromabseitigen Ende der Kammer einstellbar ist, um Luft über den einen oder die mehreren Auslässe einer oder mehreren entsprechenden Stellen innerhalb der Schubdüse (**31**) zuzuführen, wodurch die Betriebsmerkmale der Düse (**31**) geändert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der einstellbare Einlass (**13**) frei von mechanischen Strömungsablenkern strömungstechnisch gesteuert wird.

2. Steuerungssystem (**11**) nach Anspruch 1, wobei der Einlass (**13**) einstellbar ist, um die Anzahl der Druckluft aufnehmenden Auslassdurchgänge (**17**) zu variieren.

3. Steuerungssystem (**11**) nach Anspruch 1, wobei der Einlass (**13**) einstellbar ist, um den Strömungsdurchsatz durch den Einlass (**13**) zu variieren.

4. Steuerungssystem (**11**) nach Anspruch 1, wobei der Einlass (**13**) einstellbar ist, um eine Strömungsrichtung durch die Düse (**31**) zu variieren und dadurch eine Winkelausrichtung der von der Düse (**31**) erzeugten Rückstoßkraft zu variieren.

5. Steuerungssystem (**11**) nach Anspruch 1, wobei die Kammer (**15**) für die aus dem Einlass (**13**) zugeführte Druckluft überdimensioniert ist, damit sich die Luft beim Strömen durch die Kammer (**15**) nicht genügend ausdehnt, um die Kammer auszufüllen,

wobei die Luft von wenigstens einer peripheren Wand der Kammer (15) getrennt ist.

6. Gasturbinentriebwerk zum Erzeugen eines Vortriebs bei einem Flugzeug, wobei das Triebwerk ein strömungstechnisches Steuerungssystem (11) aufweist und Folgendes umfasst:

eine Düse (31) mit einem Kanal zum Ausstoßen von Gas aus dem Triebwerk, wobei der Kanal wenigstens einen variablen Strömungsquerschnitt zum Steuern der Betriebsmerkmale des Triebwerks aufweist;

eine Druckluftquelle (19); und

ein strömungstechnisches Steuerungssystem (11) zum selektiven Anpassen des wenigstens einen Strömungsquerschnitts des Kanals, wobei das Steuerungssystem (11) der Darlegung in Anspruch 1 entspricht.

7. Verfahren zum Steuern einer Flugzeugtriebwerk-Schubdüse (31), dadurch gekennzeichnet, dass die Düse dem Typ entspricht, der eine strömungstechnische Einblasfunktion aufweist, wobei eine erste Strömung von mit Druck beaufschlagtem Gas der Düse (31) zugeführt und in einen Abgasstrom zum strömungstechnischen Variieren der Betriebsmerkmale der Düse (31) eingeblasen wird, wobei das Verfahren den Schritt umfasst, das Einblasen der ersten Strömung in den Abgasstrom mit Hilfe eines strömungstechnischen Steuerungssystems (11) selektiv zu steuern, indem eine zweite Strömung von mit Druck beaufschlagtem Gas in die erste Strömung eingeblasen wird, um eine Verteilung der ersten, der Düse zugeführten Strömung anzupassen, sodass der Abgasstrom durch das Einblasen der ersten Strömung strömungstechnisch gesteuert wird und die erste Strömung durch das Einblasen der zweiten Strömung strömungstechnisch gesteuert wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

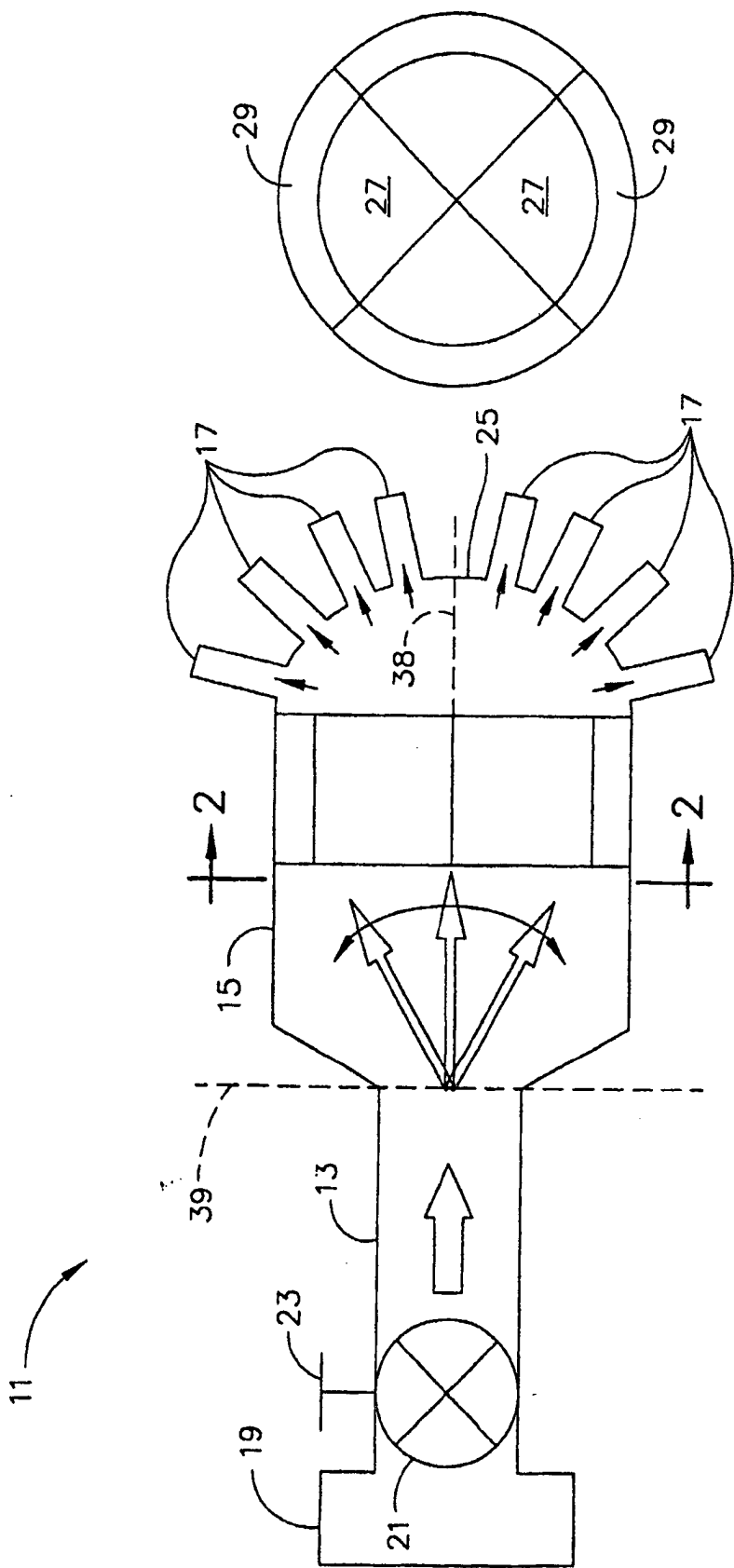


FIG. 2

FIG. 1

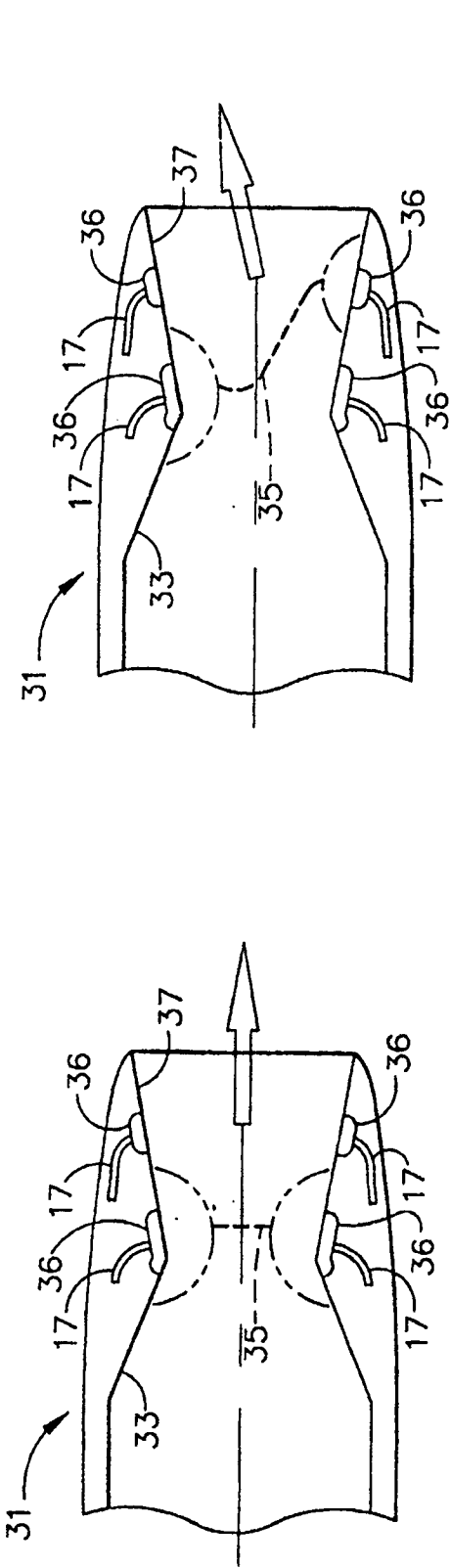


FIG. 3

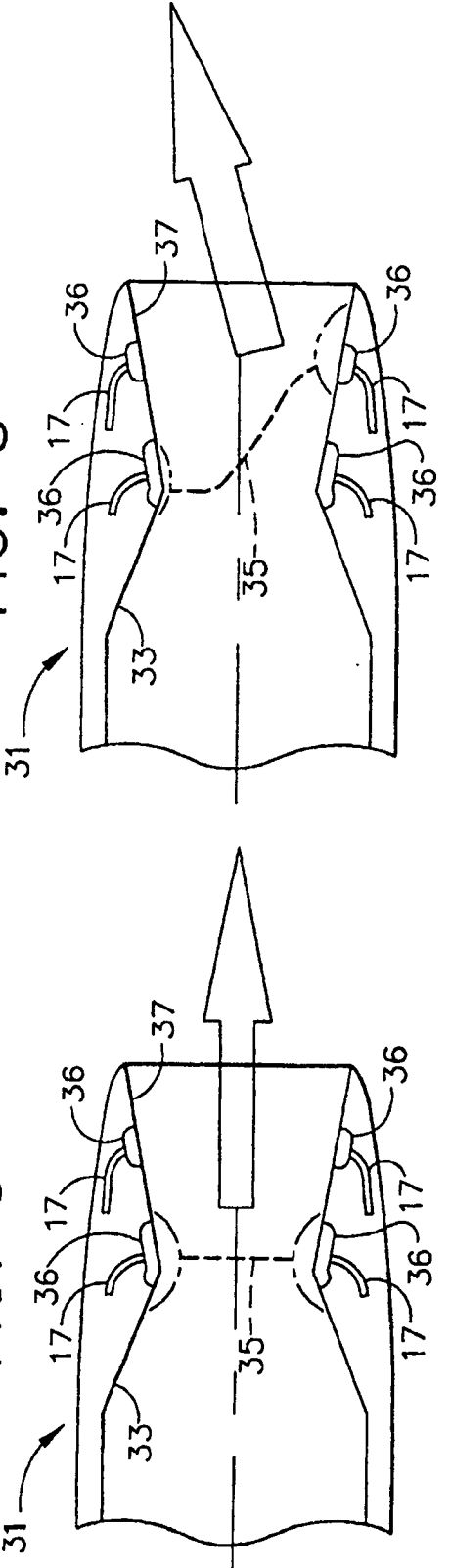


FIG. 4

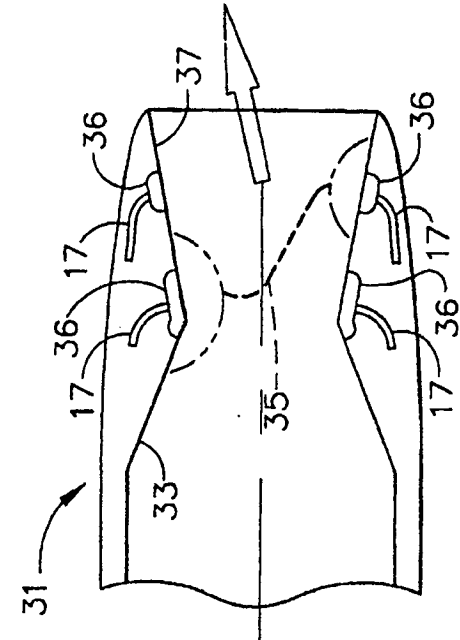


FIG. 5

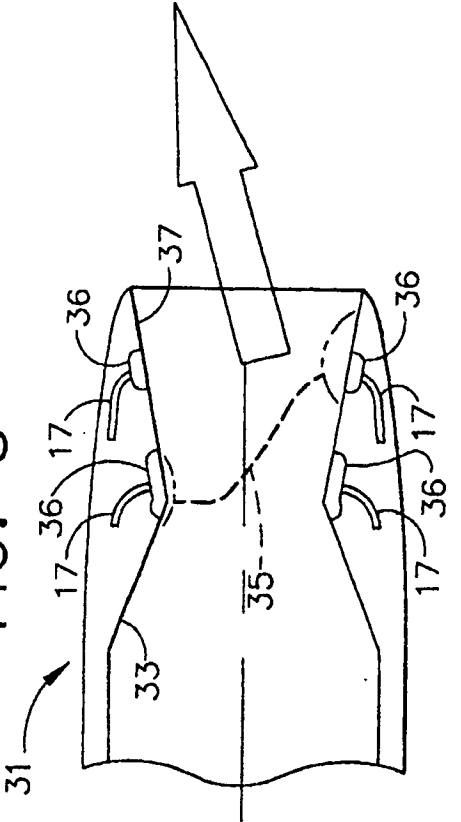


FIG. 6

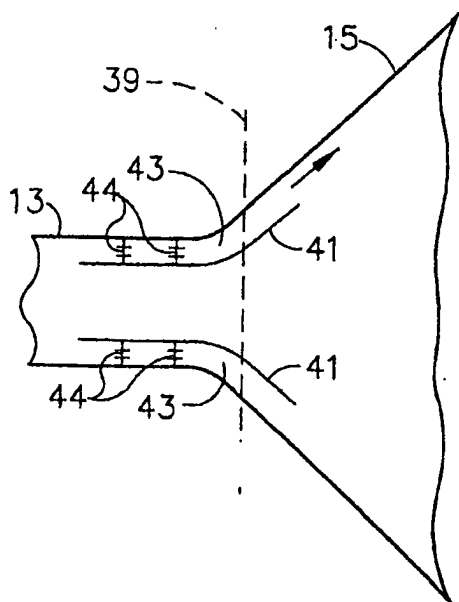


FIG. 7

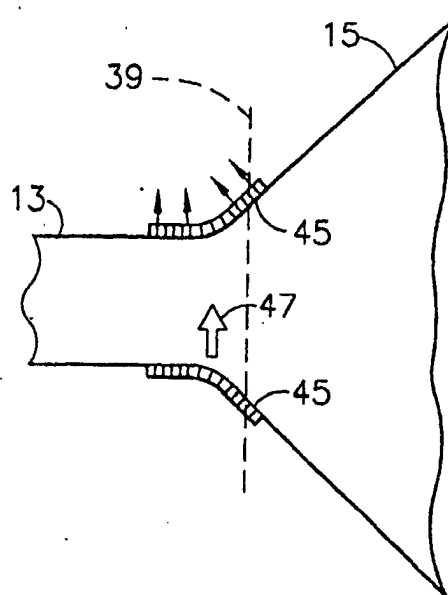


FIG. 8