



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 768 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/22 (2006.01)
F23R 3/34 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00394/14

(22) Anmeldedatum: 14.03.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.09.2014

(30) Priorität: 15.03.2013 US 13/836,503

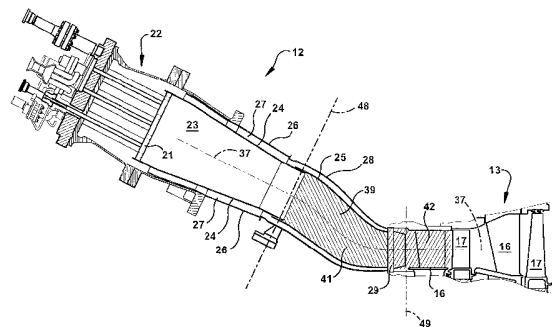
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Krishna Kumar Venkataraman, Greenville, SC 29615 (US)
Kaitlin Marie Graham, Greenville, SC 29615 (US)
Lewis Berkley Davis, JR., Schenectady, NY 12345 (US)

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(54) **Gasturbine mit stromabwärtiger Brennstoff- und Luftinjektion.**

(57) Es wird eine Gasturbine bereitgestellt, die enthält: einen Brenner (12), der mit einer Turbine (13) und einem stromabwärtigen Injektionssystem verbunden ist, das zwei Injektionsstufen, eine erste Stufe (41) und eine zweite Stufe (42) enthält, die in einem Innenströmungspfad positioniert sind, wobei die erste Stufe (41) eine axiale Position aufweist, die sich hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem befindet, und die zweite Stufe (42) eine axiale Position aufweist, die sich hinter der ersten Stufe (41) befindet. Jede von der ersten Stufe (41) und der zweiten Stufe (42) enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren, wovon jeder Injektor dafür gestaltet ist, Luft und Brennstoff in einen Strom durch den Innenströmungspfad zu injizieren. Die erste Stufe (41) und die zweite Stufe (42) weisen eine Gestaltung auf, die einen bei der zweiten Stufe (42) injizierten Brennstoff auf weniger als 50% eines bei der ersten Stufe (41) injizierten Brennstoffes begrenzt.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Diese vorliegende Anmeldung betrifft allgemein die Verbrennungssysteme in (hierin nachstehend als «Gasturbinen» bezeichneten) Verbrennungs- oder Gasturbinenmaschinen. Insbesondere, jedoch keineswegs im Sinne einer Einschränkung, beschreibt die vorliegende Anmeldung neue Verfahren, Systeme und Vorrichtungen in Bezug auf die stromabwärtige oder späte Injektion von Luft und Brennstoff in die Verbrennungssysteme von Gasturbinen.

[0002] Der Wirkungsgrad von Gasturbinen wurde über die letzten Dekaden hinweg deutlich verbessert, da neue Technologien Zunahmen der Maschinengrösse und höhere Betriebstemperaturen zulassen. Eine technische Basis, die höhere Betriebstemperaturen zulässt, war die Einführung einer neuen und innovativen Wärmeübertragungstechnologie zur Kühlung von Komponenten in dem Heissgaspfad. Zusätzlich haben neue Materialien höhere Temperaturverträglichkeiten in dem Brenner ermöglicht.

[0003] Während dieses Zeitrahmens wurden jedoch neue Vorschriften erlassen, welche die Werte begrenzen, mit welchen bestimmte Verschmutzungen während des Turbinenbetriebs emittiert werden dürfen. Insbesondere wurden die Emissionswerte von NO_x , CO und UHC, welche alle von der Betriebstemperatur der Maschine abhängen, strenger geregelt. Von diesen ist der Emissionswert von NO_x besonders empfindlich hinsichtlich erhöhter Emissionswerte bei höheren Maschinenbetriebstemperaturen, und wurde somit zu einem wichtigen Grenzwert, wieweit die Temperaturen erhöht werden könnten. Da höhere Betriebstemperaturen effizienteren Maschinen entsprechen, behinderte dieses Fortschritte im Maschinenwirkungsgrad. Kurz gesagt wurde der Brennerbetrieb zu einer signifikanten Einschränkung bezüglich des Gasturbinenbetriebswirkungsgrades.

[0004] Demzufolge wurde eines der primären Ziele moderner Brennerdesigntechnologien die Entwicklung von Ausgestaltungen, die vom Brenner ausgehende Emissionswerte bei diesen höheren Betriebstemperaturen reduzierten, sodass die Maschine mit höheren Temperaturen befeuert werden konnte, und somit einen Zyklus mit höherem Druckverhältnis und höherem Betriebswirkungsgrad hat. Demzufolge wären, wie zu erkennen ist, neue Verbrennungssystemdesigns, die Emissionen, insbesondere die von NO_x reduzieren und die höheren Brenntemperaturen ermöglichen, von grossem kommerziellem Interesse.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Anmeldung beschreibt somit eine Gasturbinenmaschine, die enthält: einen mit einer Turbine verbundenen Brenner, die zusammen einen Innenströmungspfad definieren, wobei sich der Innenströmungspfad rückwärts gerichtet um eine Längsachse von einem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem, das an einem vorderen Ende des Brenners positioniert ist, durch eine Schnittstelle, an welcher der Verbrenner mit der Turbine verbunden ist, und durch wenigstens eine Reihe von Statorschaufeln in der Turbine erstreckt; und ein sich stromabwärtiges Injektionssystem, das zwei Injektionsstufen, eine erste Stufe und eine zweite Stufe, enthält, die in dem Innenströmungspfad positioniert sind, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe jeweils axial entlang der Längsachse dergestalt in Abstand angeordnet sind, dass die erste Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem befindet, und die zweite Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter der ersten Stufe befindet. Jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren, wovon jeder Injektor dafür gestaltet ist, Luft und Brennstoff in einen Strom durch den Innenströmungspfad zu injizieren. Die erste Stufe und die zweite Stufe weisen eine Gestaltung auf, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt.

[0006] Die erste Stufe kann hinter einem Längsmittelpunkt des Innenströmungspfades in dem Brenner positioniert sein.

[0007] Jeder von den mehreren Injektoren sowohl bei der ersten Stufe als auch bei der zweiten Stufe kann auf einer gemeinsamen Injektionsebene positioniert sein, wobei jede gemeinsame Injektionsebene angenähert rechtwinklig zu der Längsachse des Innenströmungspfades ausgerichtet ist; wobei jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe zwischen 3 und 10 Injektoren aufweisen können; und die Injektoren der ersten Stufe in Umfangsrichtung in Bezug auf die Injektoren der zweiten Stufe versetzt sein können.

[0008] Die Injektoren der ersten Stufe und der zweiten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können jeweils eine Gestaltung aufweisen, die im Betrieb Luft und Brennstoff in einer Richtung zwischen $+30^\circ$ und -30° zu einer Bezugslinie injizieren, die in Bezug auf eine vorherrschende Richtung des Durchflusses durch den Innenströmungspfad rechtwinklig ist; und wobei die erste Stufe zwischen 3 und 6 Injektoren aufweist und die zweite Stufe zwischen 5 und 10 Injektoren aufweist.

[0009] Die Injektoren der ersten Stufe und der zweiten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können so gestaltet sein, dass die injizierte Luft und der Brennstoff aus der ersten Stufe den Verbrennungsstrom durch den Innenströmungspfad stärker durchdringen als die injizierte Luft und der Brennstoff aus der zweiten Stufe; und die zweite Stufe kann mehr um den Innenströmungspfad herum angeordnete Injektoren als die erste Stufe aufweisen.

[0010] Die Injektoren der ersten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können auf die Vermischung der injizierten Luft und des Brennstoffes mit einem Verbrennungsstrom in einem Mittenbereich des Innenströmungspfades ausgelegt

sein; und die Injektoren der zweiten Stufe können auf eine Vermischung der in injizierten Luft und des Brennstoffes mit einem Verbrennungsstrom in einem peripheren Bereich des Innenströmungspfad ausgelegt sein.

[0011] Die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der ersten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine kann eine Platzierung aufweisen, aus welcher die daraus injizierte Luft und der Brennstoff vorbestimmte Bereiche des Innenströmungspfad auf der Basis einer erwarteten Strömung aus dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem so durchdringen, dass sie die Vermischung der Reaktanten und die Temperaturgleichmässigkeit in einem Verbrennungsstrom stromabwärts von der ersten Stufe erhöhen; und die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der zweiten Stufe eine Platzierung aufweist, die die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der ersten Stufe bei einer gegebenen Charakteristik einer erwarteten Strömung stromabwärts von der ersten Stufe ergänzt.

[0012] Die erste Stufe und die zweite Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können eine Gestaltung aufweisen, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt.

[0013] Das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können so gestaltet sein, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 50% und 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 20% und 40%, die an die erste Stufe geliefert werden; und zwischen 2% und 10%, die an die zweite Stufe geliefert werden; wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein können, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 60% und 85%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 15% und 35%, die an die erste Stufe geliefert werden; und zwischen 1% und 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden.

[0014] Das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können so gestaltet sein, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 70%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 25%, die an die erste Stufe geliefert werden; und ca. 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein können, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 18%, die an die erste Stufe geliefert werden; und ca. 2%, die an die zweite Stufe geliefert werden.

[0015] Die erste Stufe und die zweite Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Brennstoffzufuhr aufweisen, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe so gestaltet sein können, dass eine gewünschte Brennstoffaufteilung dazwischen durch relative Blendendimensionierung erreicht wird; und die erste Stufe und die zweite Stufe können ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Luftzufuhr zu jeder der Stufen aufweisen, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe so gestaltet sind, dass eine gewünschte Luftaufteilung durch relative Blendendimensionierung erreicht wird.

[0016] Die Gasturbine jedes vorstehend erwähnten Typs kann ferner einen Zweifachverteiler aufweisen, durch welchen eine Brennstoffzufuhr an jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe geliefert wird, wobei der Zweifachverteiler zwischen der ersten Stufe und der zweiten Stufe positioniert ist; wobei die erste Stufe und die zweite Stufe jeweils unabhängige Ventile aufweisen können, die eine Brennstoffzufuhr zu jeder der Stufen steuern, wobei jedes von den unabhängigen Ventilen mit einer Steuerung verbunden ist.

[0017] Es kann in jeder vorstehend erwähnten Gasturbine vorgesehen sein, dass unmittelbar hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem der Innenströmungspfad eine durch einen umgebenden Einsatz definierte primäre Verbrennungszone enthält, unmittelbar hinter dem Einsatz der Innenströmungspfad eine durch ein umgebendes Übergangsstück definierte Übergangszone enthält; wobei das Übergangsstück dafür gestaltet ist, fluidmässig die primäre Verbrennungszone mit einem Einlass der Turbine während des Übergangs einer Strömung durch das Übergangsstück von einer angenähert zylindrischen Querschnittsfläche des Einsatzes zu einer ringförmigen Querschnittsfläche des Einlasses der Turbine zu verbinden, wobei das Übergangsstück einen hinteren Rahmen aufweist, der die Schnittstelle zwischen dem Brenner und dem Einlass der Turbine ausbildet; und wobei die erste Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems in der Übergangszone positioniert ist und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems in dem oder hinter dem hinteren Rahmen positioniert ist.

[0018] Das stromabwärtige Injektionssystem jeder vorstehend erwähnten Gasturbine kann eine in dem Innenströmungspfad positionierte dritte Stufe aufweisen, wobei die dritte Stufe dafür gestaltet ist, sowohl Luft als auch Brennstoff in den Innenströmungspfad zu injizieren, wobei die zweite Stufe und die dritte Stufe jeweils axial von der anderen entlang der Längsachse in Abstand angeordnet sein können, wobei die dritte Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter der zweiten Stufe befindet; und die dritte Stufe kann mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren enthalten kann, wovon jeder dafür gestaltet ist, sowohl Luft als auch Brennstoff in einen Verbrennungsstrom in dem Innenströmungspfad während des Betriebs zu injizieren.

[0019] Die zweite Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine kann bei dem hinteren Rahmen des Brenners positioniert sein und die dritte Stufe ist an der Reihe der Statorschaufeln in der Turbine positioniert; und die zweite Stufe kann in den hinteren Rahmen integriert sein und die dritte Stufe ist in die Reihe der Statorschaufeln integriert.

[0020] Jeder von den mehreren Injektoren sowohl bei der ersten Stufe, der zweiten Stufe und der dritten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine kann auf einer gemeinsamen Injektionsebene positioniert sein, wobei jede gemeinsame Injektionsebene angenähert rechtwinklig zu der Längsachse des Innenströmungspfad aus gerichtet ist; wobei jede von der ersten Stufe, der zweiten Stufe und der dritten Stufe zwischen 3 und 10 Injektoren aufweisen kann.

[0021] Die Injektoren der ersten Stufe, der zweiten Stufe und der dritten Stufe von jeder vorstehend erwähnten Gasturbine jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können eine Gestaltung aufweisen, die im Betrieb Luft und Brennstoff in einer Richtung zwischen $+30^\circ$ und -30° zu einer Bezugslinie injiziert, die in Bezug auf eine vorherrschende Strömungsrichtung durch den Innenströmungspfad rechtwinklig ist; und die erste Stufe kann zwischen 3 und 6 Injektoren aufweisen und die zweite und dritte Stufe können jeweils zwischen 5 und 10 Injektoren aufweisen.

[0022] Die Injektoren der ersten Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können in Umfangsrichtung in Bezug auf die Injektoren der zweiten Stufe versetzt sein, und die Injektoren der dritten Stufe können in Umfangsrichtung in Bezug auf die Injektoren der zweiten Stufe versetzt sein.

[0023] Die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können eine Gestaltung aufweisen, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes beschränkt, und einen bei der dritten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% des an der ersten Stufe injizierten Brennstoffes beschränkt; und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe können eine Gestaltung aufweisen, die einen an der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes beschränkt, und einen bei der dritten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes beschränkt.

[0024] Das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können so gestaltet sein, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 50% und 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 20% und 40%, die an die erste Stufe geliefert werden; und zwischen 2% und 10%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und zwischen 2% und 10%, die an die dritte Stufe geliefert werden; wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein können, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 60% und 85%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 15% und 35%, die an die erste Stufe geliefert werden; zwischen 1% und 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; zwischen 0% und 5%, die an die dritte Stufe geliefert werden.

[0025] Das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können so gestaltet sein, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 65%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 25%, die an die erste Stufe geliefert werden; ca. 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und ca. 5%, die an die dritte Stufe geliefert werden; wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein können, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 78%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 18%, die an die erste Stufe geliefert werden; ca. 2%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und ca. 2%, die an die dritte Stufe geliefert werden.

[0026] Die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe jeder vorstehend erwähnten Gasturbine können ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Brennstoffzufuhr aufweisen, wobei die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe so gestaltet sein können, dass eine gewünschte Brennstoffaufteilung dazwischen durch eine relative Blendendimensionierung erzielt wird; wobei die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Luftzufuhr zu jeder aufweisen, wobei die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe so gestaltet sein können, dass eine gewünschte Luftaufteilung dazwischen durch eine relative Blendendimensionierung erreicht wird.

[0027] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Anmeldung werden durch sorgfältiges Studium der nachstehenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und beigefügten Ansprüchen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Diese und weitere Merkmale dieser Erfindung werden durch sorgfältiges Studium der nachstehenden detaillierten Beschreibung exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen vollständiger verständlich und erkennbar, in welchen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer exemplarischen Gasturbine ist, in welcher bestimmte Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung verwendet werden können;
- Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung eines herkömmlichen Brenners ist, in welchem Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung verwendet werden können;
- Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung eines herkömmlichen Brenners ist, der nur eine Stufe stromabwärtiger Brennstoffinjektoren gemäss einem herkömmlichen Design enthält;
- Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss Aspekten einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 10 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 11 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 12 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 13 eine schematische Schnittdarstellung eines Brenners und der stromwärtigen Stufen einer Turbine gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 14 eine perspektivische Ansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 15 eine Schnittansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 16 eine Schnittansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 17 eine Schnittansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist;
- Fig. 18 eine Schnittansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist; und
- Fig. 19 eine Schnittansicht eines hinteren Rahmens gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ist;

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0029] Obwohl die nachstehenden Beispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf spezielle Turbinenmaschinentypen beschrieben werden können, wird der Fachmann erkennen, dass die vorliegende Erfindung auf eine derartige Nutzung beschränkt ist und auf andere Turbinenmaschinentypen anwendbar ist, sofern sie nicht speziell davon ausgenommen sind. Ferner ist erkennbar, dass bei der Beschreibung der vorliegenden Erfindung eine bestimmte Terminologie verwendet werden kann, um auf bestimmte Maschinenkomponenten innerhalb der Gasturbinenmaschine Bezug zu nehmen. Wo immer möglich, wird die übliche Industrieterminologie verwendet und in einer mit ihrer akzeptierten Bedeutung übereinstimmenden Weise eingesetzt. Eine derartige Terminologie sollte jedoch nicht im engen Sinne gesehen werden, da dem Fachmann bekannt ist, dass eine spezielle Maschinenkomponente oft unter Verwendung einer anderen Terminologie bezeichnet werden kann. Zusätzlich kann, was hierin als eine einzelne Komponente beschrieben werden kann, in einem anderen Zusammenhang als aus mehreren Komponenten bestehend bezeichnet werden, oder was hierin als mehrere Komponenten umfassend beschrieben wird, kann anderswo als nur eine einzelne Komponente bezeichnet werden. Somit sollte mit dem Verstehen des Schutzzumfangs der vorliegenden Erfindung die Aufmerksamkeit nicht nur

der speziellen Terminologie gewidmet werden, sondern auch der beigefügten Beschreibung, dem Zusammenhang, sowie dem Aufbau, der Gestaltung, Funktion und/oder Nutzung der Komponente, wie er insbesondere in den beigefügten Ansprüchen vorgegeben wird.

[0030] Einige beschreibende Begriffe können hierin regelmässig verwendet werden, und es kann hilfreich sein, diese Begriffe am Beginn dieses Abschnittes zu definieren. Demzufolge sind diese und ihre Definitionen, sofern, nicht anders angegeben, wie folgt. So wie hierin verwendet, sind «aufwärts» und «abwärts» Begriffe, die eine Richtung in Bezug auf ein Fluid, wie z.B. das Arbeitsfluid durch den Verdichter, den Brenner und die Turbinenabschnitte der Gasturbine oder den Kühlmittelstrom durch eines von den Komponentensystemen der Maschine angeben. Der Begriff «stromabwärts» entspricht der Richtung des Fluidstroms, während der Begriff «stromaufwärts» der Richtung gegen die Richtung des Fluidstroms entspricht. Die Begriffe «nach vorne» und «nach hinten» ohne weitere Spezifizierung entsprechen der Richtung in Bezug auf die Ausrichtung der Gasturbine, wobei «nach vorne» sich auf das vordere oder Verdichterende der Maschine bezieht, und «nach hinten» sich auf das hintere oder Turbinenende der Maschine bezieht, deren Ausrichtung in Fig. 1 dargestellt ist.

[0031] Zusätzlich werden bei der gegebenen Gestaltung einer Gasturbinenmaschine um eine Mittenachse sowie dieses gleichen Gestaltungstyps in einigen Komponentensystemen wahrscheinlich Begriffe verwendet, die eine Position in Bezug auf diese Achse beschreiben. Diesbezüglich ist erkennbar, dass sich der Begriff «radial» auf eine Bewegung oder Position rechtwinklig zu einer Achse bezieht. Bezogen darauf kann es erforderlich sein, einen relativen Abstand von der Mittenachse zu beschreiben. In diesem Falle wird beispielsweise, wenn sich eine erste Komponente näher an der Mittenachse befindet als eine zweite Komponente, hierin festgelegt, dass sich die erste Komponente «radial einwärts» von oder «innerhalb» der zweiten Komponente befindet. Wenn sich andererseits die erste Komponente von der Mittenachse weiter weg befindet als die zweite Komponente, kann hierin festgelegt sein, dass sich die erste Komponente «radial auswärts» von oder «ausserhalb» der zweiten Komponente befindet. Zusätzlich wird erkennbar sein, dass sich der Begriff «axial» auf eine Bewegung oder Position parallel zu einer Achse bezieht. Und schliesslich bezieht sich der Begriff «in Umfangsrichtung» auf eine Bewegung oder Position um eine Achse herum. Wie erwähnt können, obwohl diese Begriffe in Bezug auf eine gemeinsamen Mittenachse oder Welle angewendet werden können, die sich typischerweise durch die Verdichter- und Turbinenabschnitte der Maschine erstreckt, dies auch in Bezug auf andere Komponenten oder Teilsysteme angewendet werden. Beispielsweise kann in dem Falle eines zylindrisch aufgebauten «Rohr»-Brenners, welcher für viele Maschinen üblich ist, die Achse, welche diesen Begriffen relative Bedeutung gibt, die Längsbezugsachse sein, die durch die Mitte der zylindrischen «Rohr»-Form definiert ist, für welche sie benannt ist, oder die ringförmigere stromabwärtige Form des Übergangsstücks.

[0032] In Fig. 1 ist zum Verständnishintergrund eine exemplarische Gasturbine 10 dargestellt, in welcher Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung verwendet werden können. Im Allgemeinen arbeiten Gasturbinenmaschinen durch den Entzug von Energie aus einem unter Druck stehendem Strom von heissem Gas, der durch die Verbrennung eines Brennstoffes in einem Strom verdichteter Luft erzeugt wird. Wie in Fig. 1 veranschaulicht, enthält die Verbrennungsturbinenmaschine 10 einen axialen Verdichter 11, der mechanisch über eine gemeinsame Welle mit einem stromabwärtigen Turbinenabschnitt oder einer Turbine 13, mit einem dazwischen positionierten Brenner 12 verbunden ist. Gemäss Darstellung enthält der Verdichter 11 mehrere Stufen, wovon jede eine Reihe von Verdichterroterschaufeln gefolgt von einer Reihe von Verdichterstatorschaufeln enthält. Die Turbine 13 enthält ebenfalls mehrere Stufen. Jede von den Turbinenstufen enthält eine Reihe von Turbinenschaufeln oder Rotorschaufeln gefolgt von einer Reihe von Turbinenstatorschaufeln, welche während des Betriebs stationär bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln sind im Wesentlichen in Umfangsrichtung voneinander angeordnet und um die Rotationsachse herum fixiert. Die Rotorschaufeln können auf einem Rotorrad montiert sein, das sie mit der Welle verbindet.

[0033] Im Betrieb verdichtet die Drehung der Verdichterroterschaufeln in dem Verdichter 11 einen Luftstrom, welcher in den Brenner 12 geleitet wird. In dem Brenner 12 wird die verdichtete Luft mit einem Brennstoff gemischt und gezündet, sodass ein energisierter Strom von Arbeitsfluid erzeugt wird, welcher dann durch die Turbine 13 hindurch expandiert werden kann. Insbesondere wird das Arbeitsfluid aus dem Brenner 12 über die Turbinenrotorschaufeln dergestalt geleitet, dass eine Rotation induziert wird, welche dann das Rotorrad auf die Welle überträgt. Auf diese Weise wird die Energie aus dem Strom des Arbeitsfluids in die mechanische Energie der rotierenden Welle transformiert. Die mechanische Energie der Welle kann zum Antreiben der Rotation der Verdichterroterblätter verwendet werden, um so die notwendige Zufuhr von verdichteter Luft zu erzeugen, und um beispielsweise einen Generator zum Erzeugen von Elektrizität anzutreiben.

[0034] Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines herkömmlichen Brenners, in welchem Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Der Brenner 20 kann jedoch verschiedene Formen annehmen, wobei jede davon geeignet ist, verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu beinhalten. Typischerweise enthält der Brenner 20 mehrere Brennstoffdüsen 21, die an einem Kopfende 22 positioniert sind. Man erkennt, dass verschiedene herkömmliche Gestaltungen für Brennstoffdüsen 21 mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. In dem Kopfende 22 werden Luft und Brennstoff zur Verbrennung in einer Verbrennungszone 23 zusammengebracht, welche durch einen umgebenden Einsatz 24 definiert ist. Der Einsatz 24 erstreckt sich typischerweise von dem Kopfende 22 zu einem Übergangsstück 25. Der Einsatz ist gemäss Darstellung von einer Strömungshülse 26 umgeben, und in ähnlicher Weise ist das Übergangsstück 25 von einer Prallhülse 28 umgeben. Zwischen der Strömungshülse 26 und dem Einsatz 24 und dem Übergangsstück 25 und der Prallhülse 28 erkennt man, dass ein Ringraum, welcher hierin als ein «Durchflussringraum

27» bezeichnet wird, ausgebildet ist. Der Durchflussringraum 27 erstreckt sich, wie dargestellt, über den grössten Teil der Länge des Brenners 20. Von dem Einsatz 24 aus wandelt das Übergangsstück 25 den Strom aus dem kreisförmigen Querschnitt des Einsatzes 24 in einen ringförmigen Querschnitt im stromabwärtigen Verlauf zu der Turbine 13 um, während es sich stromabwärts zu der Turbine 13 hin erstreckt. An einem stromabwärtigen Ende leitet das Übergangsstück 25 den Strom des Arbeitsfluids zu der ersten Stufe der Turbine 13.

[0035] Es ist bekannt, dass die Strömungshülse 26 und die Prallhülse 28 typischerweise dadurch hindurch ausgebildete (nicht dargestellte) Prallöffnungen haben, welche einen Eintritt einer Prallströmung von verdichteter Luft aus dem Verdichter 12 in den zwischen der Strömungshülse 26/Einsatz 24 und/oder der Prallhülse 28/Übergangsstück 25 ausgebildeten Durchflussringraum 27 ermöglichen. Der Durchfluss der verdichteten Luft durch die Prallöffnungen kühlt konvektiv die Aussenoberflächen des Einsatzes 24 und des Übergangsstückes 25. Die durch die Strömungshülse 26 und die Prallhülse 28 eintretende Luft in den Brenner 20 wird zu dem vorderen Ende des Brenners 20 über den Durchflussringraum 27 geleitet. Die verdichtete Luft tritt dann in die Brennstoffdüsen 21 ein, wo sie mit einem Brennstoff zur Verbrennung vermischt wird.

[0036] Die Turbine 13 hat typischerweise mehrere Stufen, wovon jede zwei axial gestaffelte Reihen von Schaufeln enthält: eine Reihe von Statorschaufeln 16, gefolgt von einer Reihe von Rotorschaufeln 17 gemäss Darstellung in den Fig. 1 und 4. Jede von den Schaufelreihen enthält in Umfangsrichtung um die Mittenachse der Turbine 13 in Abstand angeordnete Schaufeln. An einem stromabwärtigen Ende enthält das Übergangsstück 25 einen Auslass und einen hinteren Rahmen 29, der den Strom der Verbrennungsprodukte in die Turbine 13 führt, wo er mit den Rotorschaufeln zusammenwirkt, um eine Rotation um die Welle zu induzieren. Auf diese Weise dient das Übergangsstück 25 zum Verbinden des Brenners 20 und der Turbine 13.

[0037] Fig. 3 veranschaulicht eine Ansicht eines Brenners 12, der eine ergänzende oder stromabwärtige Brennstoff/Luft-Injektion enthält. Es ist bekannt, dass eine derartige ergänzende Brennstoff/Luft-Injektion oft als späte Magerinjektion oder axial gestufte Injektion bezeichnet wird. So wie hierin verwendet, wird diese Art von Injektion als eine «stromabwärtige Injektion» wegen der stromabwärtigen Lage der Brennstoff/Luft-Injektion in Bezug auf die an dem Kopfende 22 positionierten primären Brennstoffdüsen 21 bezeichnet. Man erkennt, dass das stromabwärtige Injektionssystem 30 von Fig. 3 einem herkömmlichen Design entspricht und lediglich für exemplarische Zwecke angegeben wird. Gemäss Darstellung kann das stromabwärtige Injektionssystem 30 einen innerhalb der Strömungshülse 26 definierten Brennstoffdurchlass 31 enthalten, obwohl andere Arten von Brennstoffzuführung möglich sind. Der Brennstoffdurchlass 31 kann sich zu Injektoren 32 erstrecken, welche in diesem Beispiel an dem oder nahe dem hinteren Ende des Einsatzes 24 und der Strömungshülse 26 positioniert sind. Die Injektoren 32 können eine Düse 33 und ein Transportrohr 34 enthalten, das sich quer zu dem Durchflussring 27 erstreckt. Bei dieser gegebenen Anordnung erkennt man, dass jeder Injektor 32 eine Zufuhr von aus dem Aussenbereich der Strömungshülse 26 erhaltener Luft und eine Zufuhr von durch die Düse 33 zugeführten Brennstoff zusammenbringt und dieses Gemisch in die Verbrennungszone 23 in dem Einsatz 24 injiziert. Gemäss Darstellung können mehrere Brennstoffinjektoren 32 in Umfangsrichtung um die Anordnung Strömungshülse 26/Einsatz 24 so angeordnet sein, dass das Brennstoff/Luft-Gemisch an mehreren Punkten um die Verbrennungszone 23 herum eingeführt wird. Die mehreren Brennstoffinjektoren 32 können an derselben axialen Position positioniert sein. D.h., die mehreren Injektoren sind an derselben Position entlang der Mittenachse 37 des Brenners 12 angeordnet. So wie hierin verwendet, können Brennstoffinjektoren 32 mit dieser Gestaltung als auf einer gemeinsamen Injektionsebene 38 positioniert bezeichnet werden, welche, wie dargestellt, eine Ebene rechtwinklig zu der Mittenachse 37 des Brenners 12 ist. In dem exemplarischen herkömmlichen Design von Fig. 3 ist die Injektionsebene 38 an dem hinteren oder stromabwärtigen Ende des Einsatzes 24 positioniert.

[0038] Gemäss den Fig. 4 bis 19 und der Erfindung der vorliegenden Anmeldung erkennt man, dass die Menge von Gasturbinenemissionen von vielen Betriebskriterien abhängt. Die Temperaturen von Reaktanten in der Verbrennungszone ist einer dieser Faktoren und hat sich als einer erwiesen, der bestimmte Emissionswerte, wie z.B. NO_x , und mehr als andere beeinflusst. Man erkennt, dass die Temperatur der Reaktanten in der Verbrennungszone in proportionalem Bezug zu der Austrittstemperatur des Brenners steht, was höheren Druckverhältnissen entspricht, und dass ferner höhere Druckverhältnisse verbesserte Wirkungsgradwerte in derartigen Brayton-Zyklus-Maschinen ermöglichen. Da es sich herausgestellt hat, dass die Werte von NO_x eine starke und direkte Beziehung zu Reaktantentemperaturen haben, waren moderne Gasturbinen nur in der Lage, akzeptable NO_x -Emissionswerte bei gleichzeitiger Erhöhung der Brenntemperaturen durch technologische Fortschritte, wie z.B. durch modernes Brennstoffdüsendesign und Vorvermischung zu erreichen. Anschliessend an diese Verbesserungen wurde eine späte oder stromabwärtige Injektion eingesetzt, um weitere Erhöhungen in der Brenntemperatur zu ermöglichen, da es sich herausgestellt hat, dass kürzere Verweilzeiten der Reaktanten bei den höheren Temperaturen in der Verbrennungszone die NO_x -Werte senkten. Insbesondere hat es sich herausgestellt, dass wenigstens teilweise eine Steuerung der Verweilzeit zum Steuern der NO_x -Emissionswerte verwendet werden kann.

[0039] Eine derartige stromabwärtige Injektion, welche auch als «späte Magerinjektion» bezeichnet wird, führt einen Teil der Luft- und Brennstoffzufuhr stromabwärts von der dem primären Injektionspunkt in dem Kopfende oder vorderen Ende des Brenners zu. Man erkennt, dass eine derartige stromabwärtige Positionierung der Injektoren die Zeit verringert, in der die Verbrennungsreaktanten innerhalb der höheren Temperaturen der Flammenzone verbringen. Insbesondere führt aufgrund der im Wesentlichen konstanten Geschwindigkeit der Fluidströmung durch den Brenner eine Verkürzung des Abstandes durch die stromabwärtige Injektion, den die Reaktanten vor dem Austritt aus der Flammenzone durchlaufen müssen, zu einer verkürzten Zeit, die diese Reaktanten bei den hohen Temperaturen in der Flammenzone verbringen,

was, wie festgestellt, die Erzeugung von NO_x und NO_x -Emissionswerten für die Maschine reduziert. Dieses hat moderne Brennerdesigns ermöglicht, welche die fortschrittlichen Brennstoff/Luft-Mischungs- oder Vorvermischungstechnologien mit einer verkürzten Reaktantenverweilzeit der stromabwärtigen Injektion verbinden, um weitere Zunahmen in den Brenntemperaturen der Brenner und, wichtig, effizientere Maschinen, unter gleichzeitiger Einhaltung akzeptabler NO_x -Emissionswerte zu erzielen.

[0040] Jedoch schränken andere Überlegungen die Art und den Umfang ein, bis welchem stromabwärtige Injektion ausgeführt werden kann. Beispielsweise kann stromabwärtige Injektion ein Ansteigen der Emissionswerte von CO und UHC bewirken. D.h., wenn Brennstoff in zu grossen Werte an Stellen injiziert wird, die in der Verbrennungszone zu weit stromabwärts sind, kann dieses zu einer unvollständigen Verbrennung des Brennstoffes oder einem unzureichenden Ausbrand von CO führen. Demzufolge bleiben, obwohl die Grundprinzipien bezüglich der Erwähnung der späten Injektion und wie sie eingesetzt werden kann, um bestimmte Emissionen zu beeinflussen, allgemein bekannt sein können, schwierige Auslegungshindernisse bestehen, wie diese Strategie optimiert werden kann, sodass sie höhere Brenntemperaturen ermöglicht. Demzufolge sind neue Brennerdesigns und Technologien, die die weitere Optimierung der Verweilzeit in einer effizienten und kosteneffektiven Weise ermöglichen, wichtige Bereiche für eine weitere technologische Entwicklung, welche wie nachstehend diskutiert, die Aufgabe dieser Anmeldung ist.

[0041] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung schlägt einen integrierten zweistufigen Injektionslösungsansatz für die stromabwärtige Injektion vor. Jede Stufe kann, wie nachstehend diskutiert, axial so in Abstand angeordnet sein, dass sie eine diskrete axiale Lage in Bezug auf die andere in den weit hinteren Abschnitten des Brenners 12 und/oder den stromaufwärtigen Bereichen der Turbine 13 hat. In Fig. 4 ist ein Teilbereich einer Gasturbinenmaschine 10 dargestellt, der gemäss Aspekten der vorliegenden Erfindung angenäherte Bereiche (schattierter Abschnitt) für die Platzierung von jeder der zwei Stufen der späten Injektion darstellt. Insbesondere kann ein stromabwärtiges Injektionssystem 30 gemäss der vorliegenden Erfindung zwei integrierte axiale Injektionsstufen in einer Übergangszone 39 enthalten, welche der Abschnitt des Innenströmungspfad ist, der in dem Übergangsstück 25 des Brenners 12 definiert ist, oder der Innenströmungspfad, der stromabwärts in der ersten Stufe der Turbine 13 definiert ist. Die zwei axialen Stufen der vorliegenden Erfindung enthalten, was hierin als eine stromaufwärtige oder «erste Stufe 41» und eine stromabwärtige oder «zweite Stufe 42» bezeichnet wird. Gemäss bestimmten Ausführungsformen enthält jede von diesen axialen Stufen mehrere Injektoren 32. Die Injektoren 32 innerhalb jeder dieser Stufen können in Umfangsrichtung an der angenähert selben axialen Position entweder in der Übergangszone 39 oder in dem vorderen Abschnitt der Turbine 13 angeordnet sein. In dieser Weise gestaltete Injektoren 32 (d.h., Injektoren 32, die in Umfangsrichtung in Abstand auf einer gemeinsamen axiale Ebene liegen) werden hierin als eine gemeinsame Injektionsebene 38 habend beschrieben, wie es detaillierter unter Bezugnahme auf die Fig. 5 bis 7 beschrieben wird. Gemäss bevorzugten Ausführungsformen können die Injektoren sowohl an der ersten als auch zweiten Stufe 41, 42 zum Injizieren sowohl von Luft als auch Brennstoff an jeder Stelle gestaltet sein.

[0042] Fig. 4 veranschaulicht axiale Bereiche, innerhalb welchen jede von der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe 42 gemäss bevorzugten Ausführungsformen angeordnet sein kann. Um eine bevorzugte axiale Positionierung zu definieren, ist es zu begrüssen, dass bei der vorgegebenen Schnitt- oder Profilschnitt der Fig. 5 bis 7 der Brenner 12 und die Turbine 13 als einen Innenströmungspfad definierend beschrieben werden können, der sich um eine Längsmittachsen 37 von einem stromaufwärtigen Ende in der Nähe des Kopfendes 42 des Brenners 12 bis zu einem stromabwärtigen Ende in dem Abschnitt der Turbine 13 hindurch erstreckt. Demzufolge kann die Positionierung von jeder von der ersten und der zweiten Stufe 41, 42 in Bezug auf die Lage von jeder entlang der Längsachse 37 des Innenströmungspfad definiert sein. Wie es ebenfalls in Fig. 4 dargestellt ist, können bestimmte Bezugsebenen, die rechtwinklig zur Längsmittachsen 37 ausgebildet sind, definiert sein, die eine weitere Definition für axiale Positionen in diesem Bereich der Turbine definieren. Die erste von diesen ist eine Brennermittenebene 48, welche eine rechtwinklige Ebene in Bezug auf die Mittachsen 37 ist, welche an dem angenäherten axialen Mittelpunkt des Brenners 12 positioniert ist, d.h., etwa mittig zwischen den Brennstoffdüsen 21 des Kopfendes 22 und dem stromabwärtigen Ende des Brenners 12. Man erkennt, dass die Brennermittenebene 48 typischerweise in der Nähe der Stelle auftritt, an welcher die Anordnung des Einsatzes 24/der Strömungshülse 26 einen Weg zu der Anordnung des Übergangsstückes 25/der Prallhülse 28 bereitstellt. Die zweite Bezugsebene, welche, wie dargestellt, an dem hinteren Ende des Brenners 12 definiert ist, ist hierin als die Brennerendebene 49 definiert. Die Brennerendebene 49 markiert das ferne, stromabwärtige Ende des hinteren Rahmens 29.

[0043] Gemäss bevorzugten Ausführungsformen, kann wie es in Fig. 4 dargestellt ist, das stromabwärtige Injektionssystem 30 der vorliegenden Erfindung zwei axiale Injektionsstufen, eine erste Stufe 41 und eine zweite Stufe 42 enthalten, die hinter der Brennermittenebene positioniert sind. Insbesondere kann die erste Stufe 41 in der hinteren Hälfte der Übergangszone 39 positioniert sein und die zweite Stufe 42 kann zwischen der ersten Stufe 41 und der ersten Reihe der Statorschaufeln 16 in der Turbine 13 positioniert sein. Insbesondere kann die erste Stufe 41 sehr weit in den hinteren Abschnitten des Brenners 12 positioniert sein, und die zweite Stufe 42 kann in der Nähe oder stromabwärts von der Endebene 49 des Brenners 12 positioniert sein. In bestimmten Fällen können die erste und die zweite Stufe 41, 42 nahe aneinander positioniert sein, sodass gemeinsame Luft/Brennstoff-Leitungen verwendet werden können.

[0044] In den Fig. 5 bis 10 werden verschiedene bevorzugte Ausführungen bereitgestellt, die weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung veranschaulichen, soweit sie ein zweistufiges System betreffen. Jede von diesen Figuren enthält eine Schnittansicht eines Innenströmungspfad durch einen exemplarischen Brenner 12 und eine Turbine 13. Wie der Fachmann erkennt, können das Kopfende 22 und die Brennstoffdüsen 21, welche hierin als das primäre Luft- und Brennstoff-

injektionssystem bezeichnet werden können, irgendeine von mehreren Gestaltungen beinhalten, da der Betrieb der vorliegenden Erfindung von keiner spezifischen abhängig ist. Gemäss bestimmten Ausführungsformen können das Kopfende 22 und die Brennstoffdüsen 21 kompatibel zu Spätmager- oder Stromabwärts-Injektionssystemen ausgelegt sein, wie es in dem U.S. Patent 80 199 253 beschrieben und definiert ist, welches hierin durch Verweis in seiner Gesamtheit einbezogen ist. Stromabwärts von dem Kopfende 22 kann ein Einsatz 24 eine Verbrennungszone 23 definieren, innerhalb welcher ein Grossteil von der primären Zufuhr von an das Kopfende 22 gelieferter Luft und Brennstoff verbrannt wird. Ein Übergangsstück 25 kann sich dann stromabwärts von dem Einsatz 24 aus erstrecken und eine Übergangszone 39 definieren, und an dem stromabwärtigen Ende der Übergangszone 25 kann ein hinterer Rahmen 29 die Verbrennungsprodukte zu der Anfangsreihe der Statorschaufeln 16 in der Turbine 13 leiten.

[0045] Jede von dieser ersten und zweiten Stufe 41, 42 der Injektion kann mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren 32 enthalten. Die Injektoren 32 in jeder von den axialen Stufen können auf einer gemeinsamen Injektionsebene 38 positioniert sein, welche eine rechtwinklige Bezugsebene in Bezug auf die Längsachse 37 des Innenströmungspfad ist. Die Injektoren 32, welche der Klarheit halber in vereinfachter Form in den Fig. 5 bis 7 dargestellt sind, können jedes herkömmliche Design für die Injektion von Luft und Brennstoff in das stromabwärtige oder hintere Ende des Brenners 12 oder die erste Stufe innerhalb der Turbine 13 haben. Die Injektoren 32 jeder Stufe 41, 42 können den Injektor 32 von Fig. 3, sowie jeden von den in dem U.S. Patent 8 029 523 und 7 603 863, wovon beide hierin durch Verweis beinhaltet sind, beschriebenen oder angegebenen, jeden von den nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 14 bis 19 beschriebenen sowie andere herkömmliche Brenner-Brennstoff-/Luft-Injektoren enthalten. Wie in den einbezogenen Bezugsstellen vorgesehen, können die Brennstoff/Luft-Injektoren 32 der vorliegenden Erfindung auch die in der Reihe der Statorschaufeln 16 gemäss jeder herkömmlichen Einrichtung und Vorrichtung beinhalten, wie z.B. die in dem U.S. Patent 7 603 863 beschriebenen. Von den Injektoren 32 in der Übergangszone 39 kann jede strukturell durch das Übergangsstück 25 und/oder die Prallhülse 28 unterstützt sein, und kann sich, in einigen Fällen, in die Übergangszone 39 erstrecken. Die Injektoren 32 können so gestaltet sein, dass sie Luft und Brennstoff in die Übergangszone 39 in einer Richtung injizieren, die im Wesentlichen quer zu einer vorherrschenden Strömungsrichtung durch die Übergangszone 39 ist. Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann jede axiale Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems 30 verschiedene Injektoren 32 enthalten, die in Umfangsrichtung in Abstand oder in regelmässigen Intervallen oder, in anderen Fällen, in ungleichmässigen Intervallen angeordnet sind. Als ein Beispiel können gemäss einer bevorzugten Ausführungsform zwischen 3 und 10 Injektoren 32 bei jeder von den axialen Stufen eingesetzt werden. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die erste Stufe zwischen 3 und 6 Injektoren enthalten, und die zweite Stufe (und die dritte Stufe, falls vorhanden) können jeweils zwischen 5 und 10 Injektoren enthalten. Bezüglich ihrer Umfangsrichtungsplatzierung können die Injektoren 32 zwischen den zwei axialen Stufen 41, 42 in Bezug zueinander in einer Linie oder versetzt zueinander angeordnet sein, und können, wie nachstehend diskutiert, so platziert sein, dass sie einander ergänzen. In bevorzugten Ausführungsformen können die Injektoren 32 der ersten Stufe 41 so gestaltet sein, dass sie die Hauptströmung weiter als die Injektoren 32 der zweiten Stufe 42 durchdringen. In bevorzugten Ausführungsformen kann dieses dazu führen, dass die zweite Stufe 42 mehr Injektoren 32 um den Umfang des Strömungspfad herum als die erste Stufe 41 positioniert hat. Die Injektoren der ersten Stufe, der zweiten Stufe und einer dritten Stufe, falls vorhanden, können jeweils so gestaltet sein, dass die Injektoren in Betrieb Luft und Brennstoff in einer Richtung zwischen $+30^\circ$ und -30° auf eine Bezugslinie injizieren, die wenigstens in Bezug auf eine vorherrschende Strömungsrichtung durch den Innenströmungspfad rechtwinklig ist.

[0046] Bezüglich der axialen Positionierung der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe 42 eines stromabwärtigen Injektionssystems 30 kann in den bevorzugten Ausführungsformen der Fig. 5 und 6 die erste Stufe 41 unmittelbar stromaufwärts oder stromabwärts von der Brennermittenebene 49 positioniert sein, und die zweite Stufe 42 kann in der Nähe der Endebene 49 des Brenners 12 positioniert sein. In bestimmten Ausführungsformen kann die Injektionsebene 38 der ersten Stufe 41 in der Übergangszone 39 angenähert mittig zwischen der Brennermittenebene 48 und der Endebene 49 angeordnet sein. Die zweite Stufe 42 kann gemäss Darstellung in Fig. 5 unmittelbar stromaufwärts von dem stromabwärtigen Ende des Brenners 12 oder der Endebene 49 positioniert sein. Anders gesagt, kann sich die Injektionsebene 38 der zweiten Stufe unmittelbar stromaufwärts von dem stromaufwärtigen Ende des hinteren Rahmens 29 befinden. Man erkennt, dass die stromabwärtige Position der ersten und zweiten Stufe 41, 42 die Zeit für die davon aus injizierten Reaktanten verkürzen, die sie in dem Brenner verbringen. D.h., bei der gegebenen relativen konstanten Geschwindigkeit der Strömung durch den Brenner 13 steht die Verkürzung in der Verweilzeit direkt mit der Strecke in Beziehung, die die Reaktanten durchlaufen müssen, bevor sie den stromabwärtigen Abschluss des Brenners oder der Flammenzone erreichen. Demzufolge führt, wie es nachstehend detaillierter diskutiert wird, der Abstand 51 für die erste Stufe 41 (gemäss Darstellung in Fig. 6) zu einer Verweilzeit für die injizierten Reaktanten, die ein kleiner Bruchteil der für die an dem Kopfende 22 freigegebenen Reaktanten ist. Ebenso führt der Abstand 52 für die zweite Stufe zu einer Verweilzeit für injizierte Reaktanten, die ein kleiner Bruchteil des für Reaktanten ist, die bei der ersten Stufe 41 freigegeben werden. Wie festgestellt, reduziert diese verkürzte Verweilzeit die NO_x-Emissionswerte. Wie nachstehend detaillierter diskutiert, kann in bestimmten Ausführungsformen die genaue Platzierung der Injektionsstufen in Bezug auf das primäre Brennstoff- und Luftinjektionssystem und jedes andere von den erwarteten Verweilzeiten bei gegebener axialer Lage und berechneter Strömungsrate durch den Brenner abhängen.

[0047] In einer weiteren exemplarischen Ausführungsform gemäss Darstellung in Fig. 7 kann die Injektionsebene 38 der ersten Stufe 41 in dem hinteren Viertel des Übergangsstückes 25 positioniert sein, welches wie dargestellt etwas weiter stromabwärts in dem Brenner als die erste Stufe 41 von Fig. 5 liegt. In diesem Falle kann die Injektionsebene 38 der

zweiten Stufe an dem hinteren Rahmen 29 oder sehr nahe an der Endebene 49 des Brenners 12 positioniert sein. In einem derartigen Falle können gemäss einer bevorzugten Ausführungsform die Injektoren 32 der zweiten Stufe in die Struktur des hinteren Rahmens 29 integriert sein.

[0048] In einer weiteren exemplarischen Ausführungsform gemäss Darstellung in Fig. 8 kann die Injektionsebene 38 der ersten Stufe 41 etwas stromaufwärts von dem hinteren Rahmen 29 der Endebene 49 des Brenners 12 positioniert sein. Die zweite Stufe 42 kann an der oder sehr nahe an der axialen Position der ersten Reihe der Statorschaufeln 16 in der Turbine 13 positioniert sein. In bevorzugten Ausführungsformen können die Injektoren 32 der zweiten Stufe 42 in diese Reihe von Statorschaufeln 16 wie vorstehend erwähnt integriert sein.

[0049] Die vorliegende Erfindung beinhaltet auch Steuerungsgestaltungen zum Verteilen von Luft und Brennstoff zwischen dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem des Kopfendes 22 und der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems. In Bezug zueinander kann gemäss bevorzugten Ausführungsformen die erste Stufe 41 so gestaltet sein, dass sie mehr Brennstoff als die zweite Stufe 42 injiziert. In bestimmten Ausführungsformen ist der bei der zweiten Stufe 42 injizierte Brennstoff weniger als 50% des bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes. In weiteren Ausführungsformen liegt der bei der zweiten Stufe 42 injizierte Brennstoff zwischen ca. 10% und 50% des bei der ersten Stufe 41 injizierten Brennstoffes. Jede von der ersten und zweiten Stufe 41, 42 kann dafür gestaltet sein, eine angenäherte minimale Menge an Luft bei gegebenem injizierten Brennstoff einzuspritzen, welche durch Analyse oder Testen ermittelt werden kann, um angenähert das NO_x gegenüber der Brenneraustrittstemperatur zu minimieren, während gleichzeitig auch ein angemessener CO-Ausbrand ermöglicht wird. Weitere bevorzugte Ausführungsformen enthalten spezifischere Werte einer Luft- und Brennstoffverteilung des primären Luft- und Brennstoffinjektionssystems des Kopfendes 22 und der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe 42 des stromabwärtigen Injektionssystems. Beispielsweise kann in einer bevorzugten Ausführungsform die Verteilung des Brennstoffes beinhalten: zwischen 50% und 80% des Brennstoffes für das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem; zwischen 20% und 40%, für die erste Stufe 41; und zwischen 2% und 10% für die zweite Stufe 42. In solchen Fällen kann die Verteilung von Luft beinhalten: zwischen 60% und 85% der Luft für das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem; zwischen 15% und 35% für die erste Stufe 41; und zwischen 1% und 5% für die zweite Stufe. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können derartige Luft- und Brennstoffaufteilungen noch genauer definiert sein. In diesem Falle ist die Luft- und Brennstoffaufteilung zwischen dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem, der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe wie folgt: 70/25/5% für den Brennstoff bzw. 80/18/2% für die Luft.

[0050] Die verschiedenen Injektoren der zwei Injektionsstufen können auf verschiedene Arten gesteuert und gestaltet sein, sodass der gewünschte Betrieb und die bevorzugte Luft- und Brennstoffaufteilung erreicht werden. Man erkennt, dass bestimmte dieser Verfahren Aspekte der U.S. Patentanmeldung 2010/0 170 219 beinhalten, welche hierin durch Verweis darauf in ihrer Gesamtheit beinhaltet ist. Wie es schematisch in Fig. 9 dargestellt ist, können die Luft- und Brennstoffzufuhr zu jeder der Stufen 41, 42 über ein gemeinsames Steuerventil 55 gesteuert werden. D.h., in bestimmten Ausführungsformen können die Luft- und Brennstoffzufuhr als ein Einzelsystem mit einem gemeinsamen Ventil 55 gestaltet sein, und die gewünschten Luft- und Brennstoffaufteilungen zwischen den zwei Stufen können passiv über eine Blendendimensionierung in getrennten Zuführungskanälen oder Injektoren 32 der zwei Stufen bestimmt sein. Gemäss Darstellung in Fig. 10 kann die Luft- und Brennstoffzufuhr für jede Stufe 41, 42 unabhängig mit getrennten Ventilen 55 gesteuert werden, die die Zufuhr für jede Stufe 41, 42 steuern. Man erkennt, dass jedes hierin erwähnte steuerbare Ventil elektronisch mit einer Steuerung verbunden sein kann, und dass seine Einstellungen mittels einer Steuerung gemäss herkömmlichen Systemen manipuliert werden können.

[0051] Die Anzahl von Injektoren 32 und die Umfangslage jedes Injektors in der ersten Stufe 41 kann so gewählt sein, dass die injizierte Luft und der Brennstoff die Hauptbrennerströmung zur Verbesserung der Vermischung und Verbrennung durchdringen. Die Injektoren 32 können so angepasst sein, dass das Eindringen in die Hauptströmung ausreicht, dass sich das Luft- und Brennstoffgemisch während der kurzen Verweilzeit aufgrund der stromabwärtigen Position der Injektion ausreichend vermischt und reagiert. Die Anzahl der Injektoren 32 für die zweite Stufe 42 kann so gewählt sein, dass sie die Strömungs- und Temperaturprofile ergänzen, die sich aus der Injektion der ersten Stufe 41 ergeben. Ferner kann die zweite Stufe dafür gestaltet sein, dass sie eine geringere Strahleindringung in den Strom des Arbeitsfluids hat als die, die für die Injektion der ersten Stufe erforderlich ist. Demzufolge können sich mehr Injektionspunkte um den Umfang des Strömungspfad für die zweite Stufe im Vergleich zu der ersten Stufe befinden. Zusätzlich können die Anzahl und der Typ der Injektoren 32 der ersten Stufe und die Werte der bei jeder injizierten Luft und des Brennstoffs so gewählt sein, dass sie brennbare Reaktanten an Stellen platzieren, wo die Temperatur niedrig und/oder die CO-Konzentration hoch ist, um so die Verbrennung und den CO-Ausbrand zu verbessern. Bevorzugt sollte die axiale Lage der ersten Stufe 41 so weit hinten wie möglich in Übereinstimmung mit der Fähigkeit der zweiten Stufe befinden, die Reaktion von CO/UHC, die die erste Stufe 41 verlässt, zu unterstützen. Da die Verweilzeit der Injektion der zweiten Stufe 42 sehr kurz ist, wird, wie vorstehend vorgesehen, ein relativ kleiner Bruchteil des Brennstoffs hier injiziert. Die Menge der zweiten Stufe kann auch auf der Basis von Berechnungen und Testdaten minimiert werden.

[0052] In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen können die erste Stufe 41 und die zweite Stufe so gestaltet sein, dass injizierte Luft und Brennstoff aus der ersten Stufe 41 in den Verbrennungsstrom durch den Innenströmungspfad weiter als die injizierte Luft und der Brennstoff aus der zweiten Stufe 42 eindringen. In derartigen Fällen kann, wie bereits erwähnt, die zweite Stufe 42 mehr Injektoren 32 (in Bezug auf die erste Stufe) einsetzen, welche dafür gestaltet sind, einen weniger kräftigen Injektionsstrahl zu erzeugen. Es ist erkennbar, dass mit dieser Strategie die Injektoren 32 der ersten

Stufe 41 primär auf die Vermischung der injizierten Luft und des Brennstoffes, den sie in die Verbrennungsströmung in dem mittleren Bereich des Innenströmungspfad es injizieren, ausgelegt sind, während die Injektoren 32 der zweiten Stufe primär für die Vermischung der injizierten Luft und des Brennstoffes mit der Verbrennungsströmung in einem peripheren Bereich des Innenströmungspfad es ausgelegt sind.

[0053] Gemäss Aspekten der vorliegenden Erfindung können die zwei Stufen der stromabwärtigen Injektion so integriert werden, dass sie Funktion, Reaktantenvermischung und Verbrennungscharakteristik durch den Innenströmungspfad verbessern, während gleichzeitig der Wirkungsgrad unter Berücksichtigung der Nutzung der dem Brenner 13 während des Betriebs zugeführten verdichteten Luft verbessert wird. D.h., es kann weniger Injektionsluft erforderlich sein, um Leistungsvorteile in Verbindung mit der stromabwärtigen Injektion zu erzielen, welche die Menge der dem hinteren Abschnitt des Brenners 13 zugeführten Luft und die Kühlungseffekte erhöht, die diese Luft erzeugt. Dementsprechend beinhaltet in bevorzugten Ausführungsformen die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 eine Gestaltung, aus welcher die injizierte Luft und der Brennstoff in vorbestimmte Bereiche des Innenströmungspfad es auf der Basis der erwarteten Verbrennungsströmung aus dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem eindringt, um somit die Reaktantenvermischung und Temperaturgleichmässigkeit in einem Verbrennungsstrom stromabwärts von der ersten Stufe 41 zu erhöhen. Zusätzlich kann die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der zweiten Stufe 42 eine sein, die die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 bei gegebener Charakteristik der erwarteten Verbrennungsströmung stromabwärts von der ersten Stufe 41 ergänzt. Man erkennt, dass mehrere unterschiedliche Verbrennungsstromcharakteristiken zur Verbesserung der Verbrennung durch den Brenner wichtig sind, welche den Emissionswerten nützen kann. Diese umfassen beispielsweise Reaktantenverteilung, Temperaturprofil, CO-Verteilung und UHC-Verteilung in dem Verbrennungsstrom. Man erkennt, dass derartige Charakteristiken als die Querschnittsverteilung welcher Strömungseigenschaft auch immer in dem Verbrennungsstrom an einer(m) axialen Stelle oder Bereich in dem Innenströmungspfad definiert sein können, und dass bestimmte Computerbetriebsmodelle verwendet werden können, um derartige Charakteristiken vorherzusagen, oder dass sie durch Experimenten oder Tests in einem tatsächlichen Maschinenbetrieb oder mittels einer Kombination dieser ermittelt werden können. Typischerweise wird die Leistung verbessert, wenn der Verbrennungsstrom sorgfältig gemischt und gleichmässig ist, und integrierte Zweistufen-Lösungsansatz der vorliegenden Erfindung zum Erreichen dieses eingesetzt werden kann. Demzufolge kann die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe 42 basieren auf: a) einer Charakteristik eines angenommenen Verbrennungsstroms unmittelbar stromaufwärts vor der ersten Stufe 41 während des Betriebs; und b) der Charakteristik eines angenommenen Verbrennungsstroms unmittelbar stromabwärts von der zweiten Stufe 42 bei gegebenem angenommenem Effekt der Luft- und Brennstoffinjektion aus der Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 und der zweiten Stufe 42. Wie festgestellt, kann die Charakteristik hier die Reaktantenverteilung, das Temperaturprofil, die NO_x-Verteilung, CO-Verteilung, UHC-Verteilung oder eine andere relevante Charakteristik sein, die zum Modellieren jeder von diesen verwendet werden kann. Unabhängig davon kann gemäss einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 auf einer Charakteristik eines angenommenen Verbrennungsstroms unmittelbar stromaufwärts von der ersten Stufe 41 während des Betriebs basieren, welche auf der Gestaltung des primären Luft- und Brennstoffinjektionssystems 30 basieren kann. Die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der zweiten Stufe 42 kann auf der Charakteristik eines angenommenen Verbrennungsstroms unmittelbar stromaufwärts von der zweiten Stufe 42 basieren, welche auf der Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren 32 der ersten Stufe 41 basieren kann.

[0054] Man erkennt, dass das integrierte zweistufige stromabwärtige Injektionssystem 30 der vorliegenden Erfindung mehrere Vorteile hat. Erstens reduziert das integrierte System die Verweilzeit durch physikalisches Koppeln der ersten und zweiten Stufe, welche es ermöglicht, die erste Stufe 41 weiter stromabwärts zu verschieben. Zweitens ermöglicht das integrierte System die Verwendung von mehr und kleineren Injektionspunkten in der ersten Stufe, da die zweite Stufe speziell dafür angepasst werden kann, nicht erwünschte Attribute des sich ergebenden Stroms stromabwärts von der ersten Stufe zu behandeln. Drittens ermöglicht die Einbeziehung einer zweiten Stufe, dass jede Stufe dafür ausgelegt wird, weniger in die Hauptströmung im Vergleich zu einem einstufigen System einzudringen, was die Verwendung von weniger «Träger-» Luft erlaubt, um die notwendige Eindringung zu erreichen. Dieses bedeutet, dass weniger Luft aus dem Kühlstrom in dem Strömungsringraum abgeleitet wird, was einen Betrieb der Struktur des Hauptbrenners bei reduzierten Temperaturen ermöglicht. Ferner ermöglicht die verringerte Verweilzeit höhere Brenntemperaturen ohne NO_x-Emissionen zu erhöhen. Fünftens kann nur eine «Zweifachsammler»-Anordnung verwendet werden, um den Aufbau des integrierten Zweistufeninjektionssystems zu vereinfachen, was das Erreichen dieser verschiedenen Vorteile kosteneffektiv macht.

[0055] Gemäss einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erkennt man, dass die Positionierung der Injektionsstufen auf Verweilzeit basieren kann. Wie beschrieben, kann die Positionierung von stromabwärtigen Injektionsstufen mehrere Verbrennungsbetriebsparameter beeinflussen, einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, Kohlenmonoxidemissionen (CO). Eine Positionierung stromabwärtiger Stufen zu nahe an der primären Stufe kann zu hohe Kohlenmonoxidemissionen bewirken, wenn die stromabwärtigen Stufen nicht mit Brennstoff versorgt werden. Somit muss der Strom der Primärzone Zeit zum Reagieren mit und zum Verbrauchen des Kohlenmonoxids vor der ersten stromabwärtigen Injektionsstufe haben. Es ist erkennbar, dass diese erforderliche Zeit die «Verweilzeit» des Stroms ist, oder anders gesagt die Zeit, die es dauert, bis der Strom der Verbrennungsmaterialien über den Abstand zwischen den axial in Abstand angeordneten Injektionsstufen wandert. Die Verweilzeit zwischen den zwei Stufen kann auf einer Massenbasis zwischen beliebigen zwei Stellen auf der Basis des Gesamtvolumens zwischen den Stellen und der volumetrischen Durchflussra-

te berechnet werden, welche bei gegebenem Betriebsmodus für die Gasturbinenmaschine berechnet werden kann. Die Verweilzeit zwischen beliebigen zwei Stellen kann daher als ein Volumen dividiert durch die volumetrische Durchflussrate berechnet werden, wobei die volumetrische Durchflussrate die Massenstromrate über der Dichte ist. Anders gesagt kann die volumetrische Durchflussrate als die Massenstromrate multipliziert mit der Temperatur der Gase, multipliziert mit der zutreffenden Gaskonstante, dividiert durch den Druck der Gase berechnet werden.

[0056] Demzufolge wurde ermittelt, dass bei dem gegebenen Problem der Emissionswerte, einschliesslich der von Kohlenmonoxid, die erste stromabwärtige Injektionsstufe nicht näher als 6 ms von dem primären Brennstoff- und Luftinjektionssystem am Kopfende des Brenners liegen sollte. D.h., diese Verweilzeit ist die Zeitdauer während eines bestimmten Maschinenbetriebsmodus, welche die Verbrennungsströmung benötigt, um entlang des Innenströmungspfad von einer ersten Position, die bei dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem definiert ist, zu einer zweiten Position, die bei der ersten Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems definiert ist, zu wandern. In diesem Falle sollte die erste Stufe in einem Abstand hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem positioniert sein, die gleich der ersten Verweilzeit ist, die wenigstens 6 ms ist. Zusätzlich wurde ermittelt, dass von einem NO_x -Emissionsstandpunkt aus eine Verzögerung der stromabwärtigen Injektion einen nützlichen Einfluss hat, und dass die zweite stromabwärtige Injektionsstufe kürzer als 2 ms von dem Brennerausgang oder Brennerendebene entfernt positioniert sein sollte. D.h., diese Verweilzeit ist die Zeitdauer während eines bestimmten Maschinenbetriebsmodus, welche die Verbrennungsströmung benötigt, um entlang des Innenströmungspfad von einer bei der zweiten Stufe definierten ersten Position zu einer bei einer Brennerendebene definierten zweiten Position zu strömen. In diesem Falle sollte die zweite Stufe in einem Abstand vor der Brennerendebene positioniert sein, die gleich dieser Verweilzeit ist, die kürzer als 2 ms ist.

[0057] Fig. 11 bis 14 veranschaulichen ein System mit drei Injektionsstufen. Fig. 11 veranschaulicht axiale Bereiche, innerhalb welcher jede von den drei Stufen positioniert sein kann. Gemäss bevorzugten Ausführungsformen kann, wie in Fig. 11 dargestellt, das stromabwärtige Injektionssystem 30 der vorliegenden Erfindung drei axiale Injektionsstufen, eine erste Stufe 41, eine zweite Stufe 42 und eine dritte Stufe 43 enthalten, die hinter der Brennermittenebene positioniert sind. Insbesondere kann die erste Stufe 41 in der Übergangszone 39 positioniert sein, die zweite Stufe 42 kann in der Nähe der Brennerendebene 49 positioniert sein und die dritte Stufe kann an der oder hinter der Brennerendebene 49 positioniert sein.

[0058] Die Fig. 12 und 14 stellen bevorzugte Ausführungsformen bereit, bei welchen jede von den drei Injektionsstufen innerhalb dieser Bereiche angeordnet sein kann. Gemäss Darstellung in Fig. 12 können die erste und die zweite Stufe innerhalb der Übergangszone angeordnet sein und die dritte Stufe kann in der Nähe der Brennerendebene angeordnet sein. Gemäss Darstellung in Fig. 13 kann die erste Stufe in der Übergangszone angeordnet sein, während die zweite bzw. dritte Stufe an dem hinteren Rahmen und der ersten Reihe der Statorschaufeln angeordnet sind. In bestimmten Ausführungsformen kann, wie vorstehend diskutiert, die zweite Stufe in dem hinteren Rahmen integriert sein, obwohl die dritte Stufe in die Statorschaufeln integriert ist.

[0059] Die vorliegende Erfindung beschreibt ferner Brennstoff- und Luftinjektionswerte und -raten in einem stromabwärtigen Injektionssystem, das drei Injektionsstufen enthält. In einer Ausführungsform enthalten die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe eine Gestaltung, die einen an der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% des bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt, und einen bei der dritten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% des bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes beschränkt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe eine Gestaltung auf, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt, und einen bei der dritten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen können das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems so gestaltet sein, dass die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr an jede während des Betriebs geliefert werden: zwischen 50% und 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 20 und 40%, die an die erste Stufe geliefert werden; zwischen 2% und 10%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und zwischen 2% und 10%, die an die dritte Stufe geliefert werden. In noch weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems so gestaltet, dass die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr an jede während des Betriebs geliefert werden können: zwischen 60% und 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 15% und 35%, die an die erste Stufe geliefert werden; zwischen 1% und 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und zwischen 1% und 5%, die an die dritte Stufe geliefert werden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein, dass die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtluftzufuhr an jede während des Betriebs geliefert werden: ca. 65%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 25%, die an die erste Stufe geliefert werden; ca. 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und ca. 5%, die an die dritte Stufe geliefert werden. In diesem Falle können das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe, die zweite Stufe und die dritte Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sein, dass die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtluftzufuhr an jede während des Betriebs geliefert werden: ca. 78%, die an das

primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 18%, die an die erste Stufe geliefert werden; ca. 2%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und ca. 2%, die an die dritte Stufe geliefert werden.

[0060] Fig. 14 bis 19 stellen Ausführungsformen eines weiteren Aspektes der vorliegenden Erfindung bereit, welcher die Art beinhaltet, in welcher Brennstoffinjektoren in den hinteren Rahmen 29 eingebaut sein können. Der hintere Rahmen 29 enthält, wie festgestellt, ein Rahmenelement, das die Schnittstelle zwischen dem stromabwärtigen Ende des Brenners 12 und dem stromaufwärtigen Ende der Turbine 13 bereitstellt.

[0061] Gemäss Darstellung in Fig. 14 bildet der hintere Rahmen 29 ein starres tragendes Element, das den Innenströmungspfad umschreibt oder umgibt. Der hintere Rahmen 29 enthält eine Innenoberfläche oder Wand 65, die eine Aussenbegrenzung des Innenströmungspfades definiert. Der hintere Rahmen 29 enthält eine Aussenoberfläche 66, die tragende Elemente einschliesst, mittels welcher der hintere Rahmen eine Verbindung zu dem Brenner und der Turbine hat. Eine Anzahl von Auslassöffnungen 74 kann durch die Innenwand des hinteren Rahmens 29 ausgebildet sein. Die Auslassöffnungen 74 können dafür gestaltet sein, den Brennstoffsammelraum 71 mit dem Innenströmungspfad 67 zu verbinden. Der hintere Rahmen 29 kann zwischen 6 und 20 Auslassöffnungen enthalten, obwohl mehr oder weniger ebenfalls vorgesehen sein können. Die Auslassöffnungen 74 können in Umfangsrichtung um die Innenwand 65 des hinteren Rahmens in Abstand angeordnet sein. Wie dargestellt, kann der hintere Rahmen 29 eine ringartige Querschnittsform enthalten.

[0062] Gemäss Darstellung in den Fig. 15 bis 19 kann der hintere Rahmen 29 gemäss der vorliegenden Erfindung einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Brennstoffsammelraum 71 enthalten, der darin ausgebildet ist. Gemäss Darstellung in Fig. 15 kann der Brennstoffsammelraum 71 eine Brennstoffeinlassanschluss 72 haben, der durch die Aussenwand 66 des hinteren Rahmens 29 ausgebildet ist, durch welchen Brennstoff dem Brennstoffsammelraum 71 zugeführt wird. Der Brennstoffeinlassanschluss 72 kann somit den Brennstoffsammelraum 71 mit einer Brennstoffversorgung 77 verbinden. Der Brennstoffsammelraum 77 kann so gestaltet sein, dass er den Innenströmungspfad 67 umschreibt oder vollständig umgibt. Gemäss Darstellung kann, sobald der Brennstoff den Brennstoffsammelraum 71 erreicht, dieser dann in den Innenströmungspfad 67 durch die Auslassöffnungen 74 injiziert werden. Gemäss Darstellung in Fig. 16 kann in bestimmten Fällen Luft mit dem Brennstoff in einem Vormischer 84 vorvermischt werden, bevor sie dem Brennstoffraum 71 zugeführt wird. Alternativ können Luft und Brennstoff zusammengebracht und in dem Brennstoffsammelraum 71 vermischt werden, wovon ein Beispiel in Fig. 17 dargestellt ist. In diesem Falle können Lufterlassöffnungen 73 in der Aussenwand 66 des hinteren Rahmens 29 ausgebildet sein und fluidmässig mit dem Brennstoff sammelraum 71 in Verbindung stehen. Die Einlassöffnungen 73 können in Umfangsrichtung um den hinteren Rahmen 29 herum in Abstand angeordnet sein und von dem Verdichterauslass gespeist werden, der den Brenner in diesem Bereich umgibt.

[0063] Wie es ebenfalls in Fig. 17 dargestellt ist, können die Auslassöffnungen 74 angewinkelt sein. Dieser Winkel kann sich auf eine Bezugsrichtung beziehen, die zu einer Verbrennungsströmung durch den Innenströmungspfad 67 rechtwinklig ist. In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen kann, wie dargestellt, die Winkelanstellung der Auslassöffnungen zwischen 0° und 45° zu einer Stromabwärtsrichtung der Verbrennungsströmung sein. Zusätzlich können die Auslassöffnungen 74 in Bezug auf eine Oberfläche der Innenwand 65 des hinteren Rahmens 29 bündig ausgelegt sein, wie es in Fig. 17 dargestellt ist. Alternativ können die Auslassöffnungen 74 so ausgelegt sein, dass sich jede von der Innenwand 65 weg und in den Innenströmungspfad 67 erstreckt, wie es in Fig. 19 dargestellt ist.

[0064] Fig. 18 und 19 stellen eine alternative Ausführungsform bereit, in welcher eine Anzahl von Rohren 81 dafür gestaltet ist, den Brennstoffsammelraum 71 zu durchqueren. Jedes von den Rohren 81 kann so gestaltet sein, dass es ein erstes Ende mit einer von den Einlassöffnungen 73 verbindet und ein zweites Ende mit einer von den Auslassöffnungen 74 verbindet. In bestimmten Ausführungsformen enthalten gemäss Darstellung in Fig. 18 die auf der Innenoberfläche 65 des hinteren Rahmens ausgebildeten Auslassöffnungen 74: a) Auslassöffnungen 76, welche zur Verbindung mit einem von den Rohren 81 gestaltet sind; und b) Brennstoffauslassöffnungen 72, welche zur Verbindung mit dem Brennstoffsammelraum 71 gestaltet sind. Jede von diesen Auslassöffnungen kann auf der Innenwand 65 in der Nähe zu einer anderen so positioniert sein, dass sie die Vermischung von Luft und Brennstoff ermöglichen, sobald sie in den Innenströmungspfad 67 injiziert werden. In einer bevorzugten Ausführungsform gemäss Darstellung in Fig. 18 sind die Luftauslassöffnungen 76 so gestaltet, dass sie eine runde Form haben, und die Brennstoffauslassöffnungen 75 sind so gestaltet, dass sie eine Ringform haben, die um die runde Form der Auslassöffnungen 76 herum ausgebildet ist. Diese Gestaltung ermöglicht ferner die Vermischung von Brennstoff und Luft, sobald sie in den Innenströmungspfad 67 geliefert werden. Man erkennt, dass in bestimmten Ausführungsformen die Rohre 81 einen stabilen Aufbau haben, der verhindert, dass sich ein durch das Rohr 81 bewegendes Fluid mit einem durch den Brennstoffsammelraum 71 bewegenden Fluid vermischt, bis die zwei Fluide in den Innenströmungspfad 67 injiziert werden. Alternativ können, wie in Fig. 19 dargestellt, die Rohre 71 Öffnungen 82 enthalten, die eine Vorvermischung von Luft und Brennstoff ermöglichen, bevor sie in den Innenströmungspfad 67 injiziert werden. In derartigen Fällen kann eine Struktur, die eine turbulente Strömung und Vermischung begünstigt, beispielsweise Turbulatoren 63 stromabwärts von den Öffnungen 82 enthalten sein, sodass eine Vorvermischung verbessert wird.

[0065] Wie ein Fachmann erkennen wird, können die vielen vorstehend beschriebenen variierenden Merkmale und Gestaltungen in Bezug auf die mehreren exemplarischen Ausführungsformen selektiv angewendet werden, um weitere mögliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auszubilden. Der Kürze halber und unter Berücksichtigung der Fähigkeiten des Fachmanns werden nicht alle möglichen Iterationen angegeben oder im Detail diskutiert, obwohl alle Kombinationen und möglichen Ausführungsformen, die von der mehreren nachstehenden Ansprüche oder anderweitig umfasst werden, Teil der vorliegenden Anmeldung sein sollen. Zusätzlich wird der Fachmann aus der vorstehenden Beschreibung

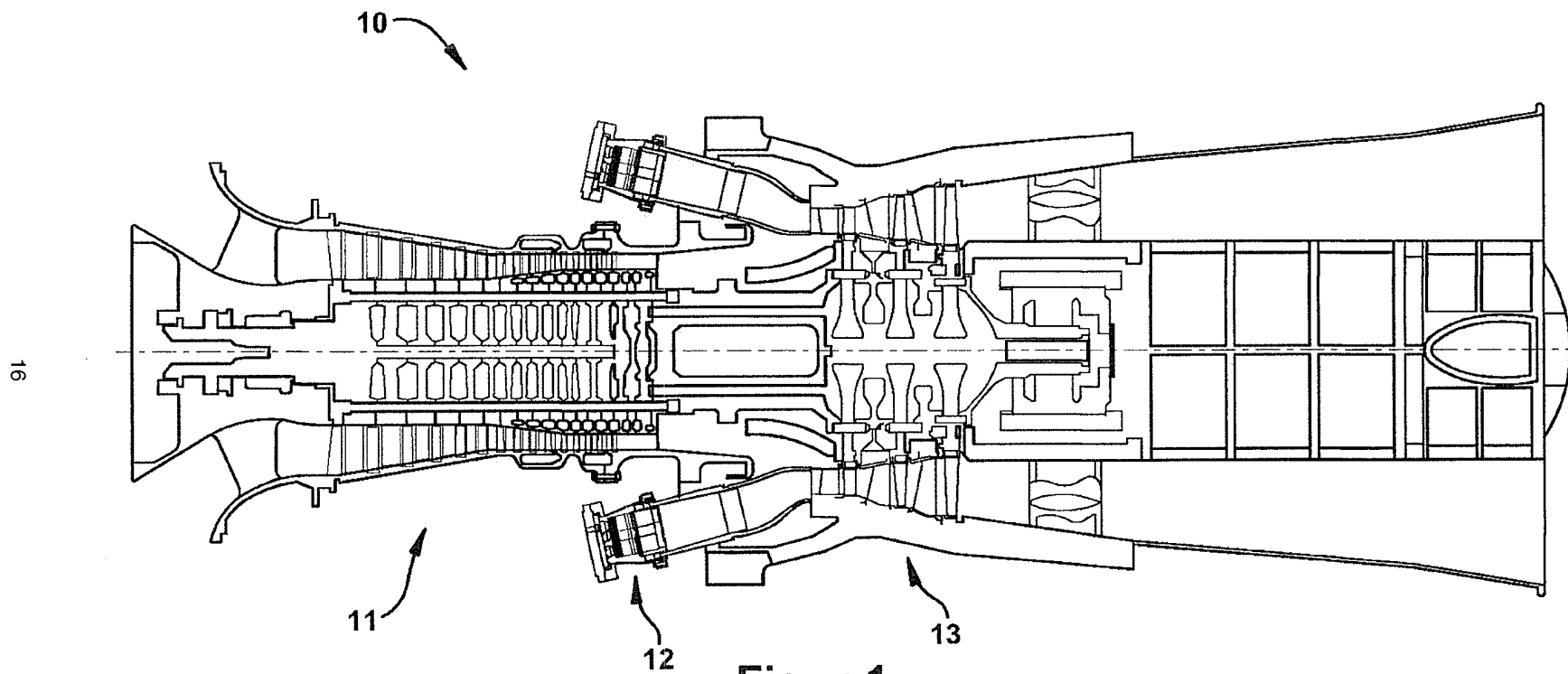
gen verschiedener exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen erkennen. Derartige Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen innerhalb des Fachgebiets sollen ebenfalls durch die beigefügten Ansprüche abgedeckt sein. Ferner dürfte ersichtlich sein, dass Vorstehendes nur die beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung betrifft, und dass zahlreiche Änderungen und Modifikationen hierin ohne Abweichung von dem Erfindungsgedanken und Schutzzumfang der Anmeldung gemäss Definition durch die nachstehenden Ansprüche und deren Äquivalente ausgeführt werden können.

[0066] Es wird eine Gasturbinenmaschine bereitgestellt, die enthält: einen Brenner, der mit einer Turbine und einem stromabwärtigen Injektionssystem verbunden ist, das zwei Injektionsstufen, eine erste Stufe und eine zweite Stufe, enthält, die in einem Innenströmungspfad positioniert sind, wobei die erste Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem befindet, und die zweite Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter der ersten Stufe befindet. Jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren, wovon jeder Injektor dafür gestaltet ist, Luft und Brennstoff in einen Strom durch den Innenströmungspfad zu injizieren. Die erste Stufe und die zweite Stufe weisen eine Gestaltung auf, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt.

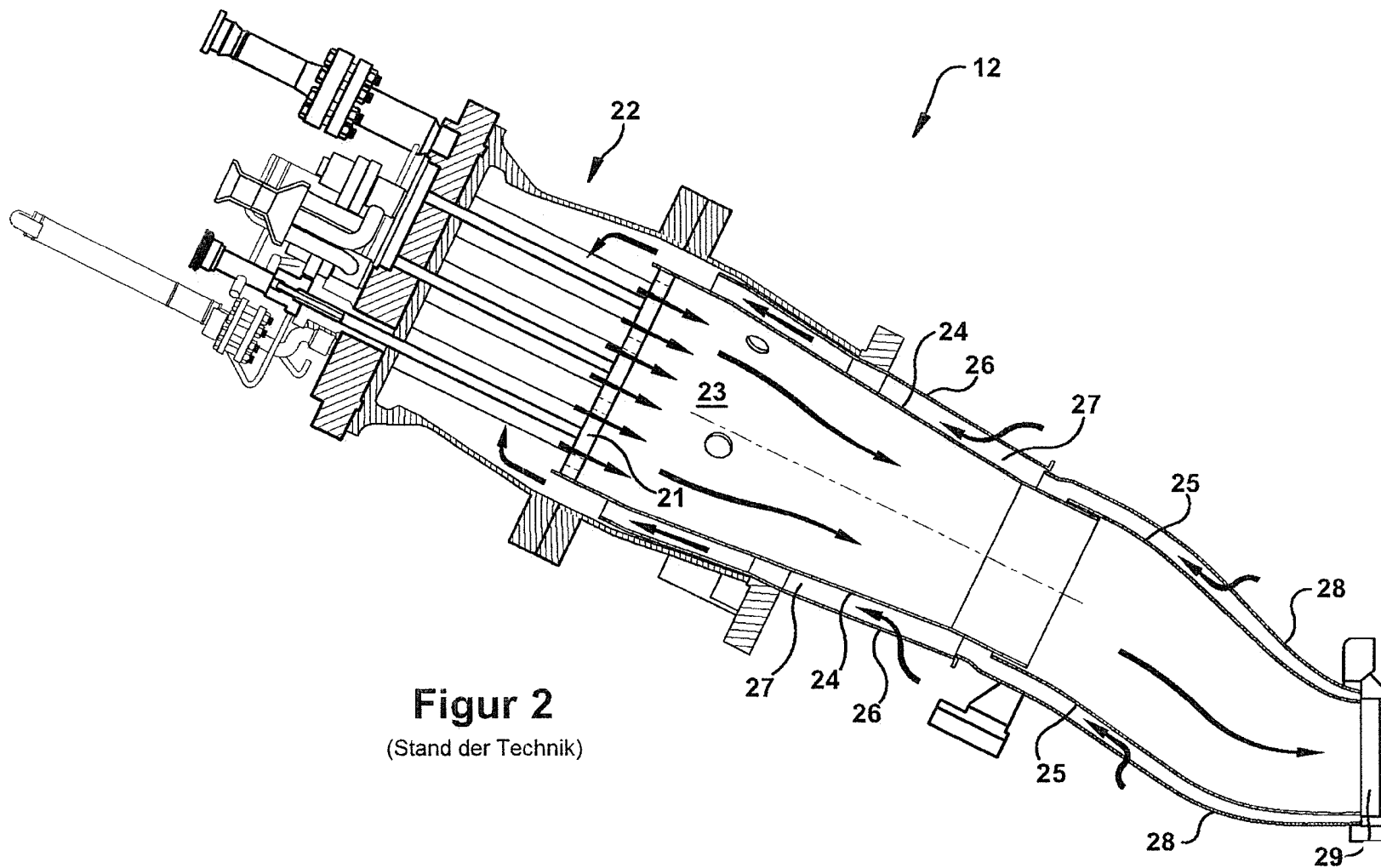
Patentansprüche

1. Gasturbinenmaschine, die enthält:
einen mit einer Turbine verbundenen Brenner, die zusammen einen Innenströmungspfad definieren, wobei sich der Innenströmungspfad rückwärts gerichtet um eine Längsachse von einem an einem vorderen Ende des Brenners positionierten primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem durch eine Schnittstelle, an welcher der Verbrenner mit der Turbine verbunden ist, und durch wenigstens eine Reihe von Statorschaufeln in der Turbine hindurch erstreckt; und ein stromabwärtiges Injektionssystem, das zwei Injektionsstufen, eine erste Stufe und eine zweite Stufe, enthält, die in dem Innenströmungspfad positioniert sind, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe jeweils axial entlang der Längsachse dergestalt in Abstand angeordnet sind, dass die erste Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem befindet, und die zweite Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter der ersten Stufe befindet;
wobei jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren, enthält, wovon jeder Injektor dafür gestaltet ist, Luft und Brennstoff in einen Strom durch den Innenströmungspfad zu injizieren; und
wobei die erste Stufe und die zweite Stufe eine Gestaltung aufweisen, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf weniger als 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, wobei die erste Stufe hinter einem Längsmittelpunkt des Innenströmungspfades in dem Brenner positioniert ist.
3. Gasturbine nach Anspruch 1, wobei jeder von den mehreren Injektoren bei jeder von der ersten Stufe und bei der zweiten Stufe auf einer gemeinsamen Injektionsebene positioniert ist, wobei jede gemeinsame Injektionsebene annähernd rechtwinklig zu der Längsachse des Innenströmungspfades ausgerichtet ist;
wobei jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe zwischen 3 und 10 Injektoren aufweisen; und
wobei die Injektoren der ersten Stufe in Umfangsrichtung in Bezug auf die Injektoren der zweiten Stufe versetzt sind.
4. Gasturbine nach Anspruch 3, wobei die Injektoren der ersten Stufe und der zweiten Stufe jeweils eine Gestaltung aufweisen, die im Betrieb Luft und Brennstoff in einer Richtung zwischen $+30^\circ$ und -30° zu einer Bezugslinie injizieren, die in Bezug auf eine vorherrschende Richtung des Durchflusses durch den Innenströmungspfad rechtwinklig ist; und
wobei die erste Stufe zwischen 3 und 6 Injektoren aufweist und die zweite Stufe zwischen 5 und 10 Injektoren aufweist;
und/oder
wobei die Injektoren der ersten Stufe und der zweiten Stufe so gestaltet sind, dass die injizierte Luft und der Brennstoff aus der ersten Stufe den Verbrennungsstrom durch den Innenströmungspfad stärker durchdringen als die injizierte Luft und der Brennstoff aus der zweiten Stufe; und
wobei die zweite Stufe mehr um den Innenströmungspfad herum angeordnete Injektoren als die erste Stufe aufweist; und/oder
wobei die Injektoren der ersten Stufe auf die Vermischung der injizierten Luft und des Brennstoffes mit einem Verbrennungsstrom in einem Mittenbereich des Innenströmungspfades hin gestaltet sind; und
wobei die Injektoren der zweiten Stufe auf eine Vermischung der injizierten Luft und des Brennstoffes mit einem Verbrennungsstrom in einem peripheren Bereich des Innenströmungspfades hin gestaltet sind.
5. Gasturbine nach Anspruch 3, wobei die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der ersten Stufe eine Platzierung aufweist, aus welcher die daraus injizierte Luft und der Brennstoff vorbestimmte Bereiche des Innenströmungspfades auf der Basis einer erwarteten Strömung aus dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem so durchdringen, dass sie die Vermischung der Reaktanten und die Temperaturgleichmässigkeit in einem Verbrennungsstrom stromabwärts von der ersten Stufe steigern; und
wobei die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der zweiten Stufe eine Platzierung aufweist, die die Umfangsrichtungsplatzierung der Injektoren der ersten Stufe bei einer gegebenen Charakteristik einer erwarteten Strömung stromabwärts von der ersten Stufe ergänzt.

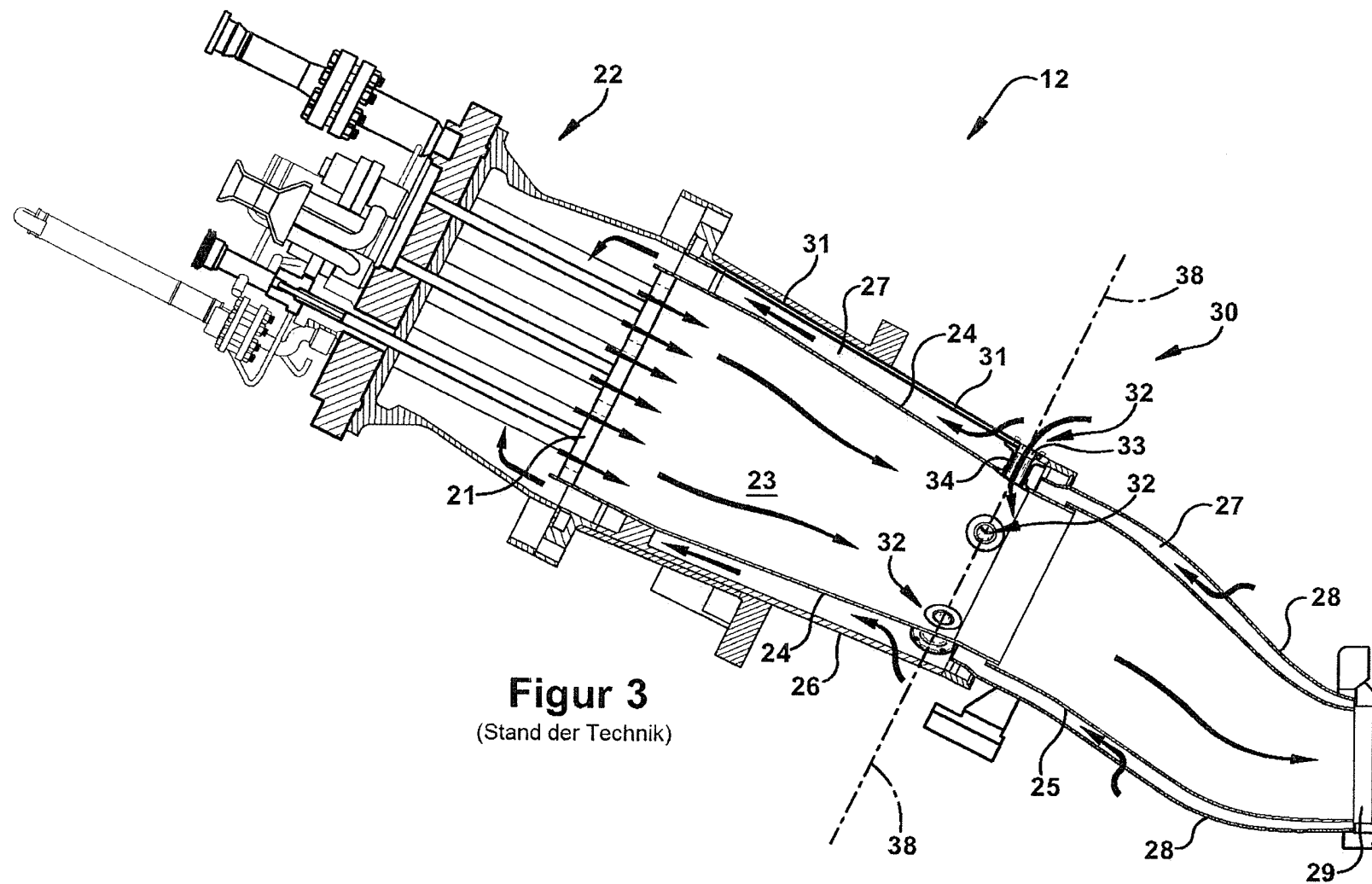
6. Gasturbine nach Anspruch 2, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe eine Gestaltung aufweisen, die einen bei der zweiten Stufe injizierten Brennstoff auf 10% bis 50% eines bei der ersten Stufe injizierten Brennstoffes begrenzt; und/oder
wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem so gestaltet sind, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 50% und 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 20% und 40%, die an die erste Stufe geliefert werden; und zwischen 2% und 10%, die an die zweite Stufe geliefert werden;
wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sind, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennerluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: zwischen 60% und 85%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; zwischen 15% und 35%, die an die erste Stufe geliefert werden; und zwischen 1% und 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden.
7. Gasturbine nach Anspruch 6, wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystem so gestaltet sind, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtbrennstoffzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 70%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 25%, die an die erste Stufe geliefert werden; und ca. 5%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und
wobei das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem und die erste Stufe und die zweite Stufe des stromabwärtigen Einspritzsystems so gestaltet sind, dass jeweils die nachstehenden Prozentsätze einer Gesamtluftzufuhr während des Betriebs geliefert werden: ca. 80%, die an das primäre Luft- und Brennstoffinjektionssystem geliefert werden; ca. 18%, die an die erste Stufe geliefert werden; und ca. 2%, die an die zweite Stufe geliefert werden; und/oder
wobei die erste Stufe und die zweite Stufe ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Brennstoffzufuhr aufweisen, wobei die erste Stufe und die zweite Stufe so gestaltet sind, dass eine gewünschte Brennstoffaufteilung dazwischen durch relative Blendendimensionierung erreicht wird; und
wobei die erste Stufe und die zweite Stufe ein gemeinsames Ventil zum Steuern einer Luftzufuhr zu jeder aufweisen, dass eine gewünschte Luftaufteilung durch relative Blendendimensionierung erreicht wird.
8. Gasturbine nach Anspruch 6, die ferner einen Zweifachverteiler aufweist, durch welchen eine Brennstoffzufuhr an jede von der ersten Stufe und der zweiten Stufe geliefert wird, wobei der Zweifachverteiler zwischen der ersten Stufe und der zweiten Stufe positioniert ist;
wobei die erste Stufe und die zweite Stufe jeweils unabhängige Ventile aufweisen, die eine Brennstoffzufuhr zu jeder steuern, wobei jedes von den unabhängigen Ventilen mit einer Steuerung verbunden ist.
9. Gasturbine nach Anspruch 6, wobei unmittelbar hinter dem primären Luft- und Brennstoffinjektionssystem der Innenströmungspfad eine durch einen umgebenden Einsatz definierte primäre Verbrennungszone enthält, und unmittelbar hinter dem Einsatz der Innenströmungspfad eine durch ein umgebendes Übergangsstück definierte Übergangszone enthält;
wobei das Übergangsstück dafür gestaltet ist, fluidmässig die primäre Verbrennungszone mit einem Einlass der Turbine während des Übergangs eines Stroms durch das Übergangsstück von einer angenähert zylindrischen Querschnittsfläche des Einsatzes zu einer ringförmigen Querschnittsfläche des Einlasses der Turbine zu verbinden;
wobei das Übergangsstück einen hinteren Rahmen aufweist, der die Schnittstelle zwischen dem Brenner und dem Einlass der Turbine ausbildet; und
wobei die erste Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems in der Übergangszone positioniert ist und die zweite Stufe des stromabwärtigen Injektionssystems in dem oder hinter dem hinteren Rahmen positioniert ist.
10. Gasturbine nach Anspruch 9, wobei das stromabwärtige Injektionssystem eine in dem Innenströmungspfad positionierte dritte Stufe aufweist, wobei die dritte Stufe dafür gestaltet ist, sowohl Luft als auch Brennstoff in den Innenströmungspfad zu injizieren, wobei die zweite Stufe und die dritte Stufe jeweils axial von der anderen entlang der Längsachse in Abstand angeordnet sind, wobei die dritte Stufe eine axiale Position aufweist, die sich hinter der zweiten Stufe befindet; und
die dritte Stufe mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Injektoren enthält, wovon jeder dafür gestaltet ist, sowohl Luft als auch Brennstoff in einen Verbrennungsstrom in dem Innenströmungspfad während des Betriebs zu injizieren; und wobei optional die zweite Stufe bei dem hinteren Rahmen des Brenners positioniert ist und die dritte Stufe bei der Reihe der Statorschaufeln in der Turbine positioniert ist; und wobei die zweite Stufe in den hinteren Rahmen integriert ist und die dritte Stufe in die Reihe der Statorschaufeln integriert ist.



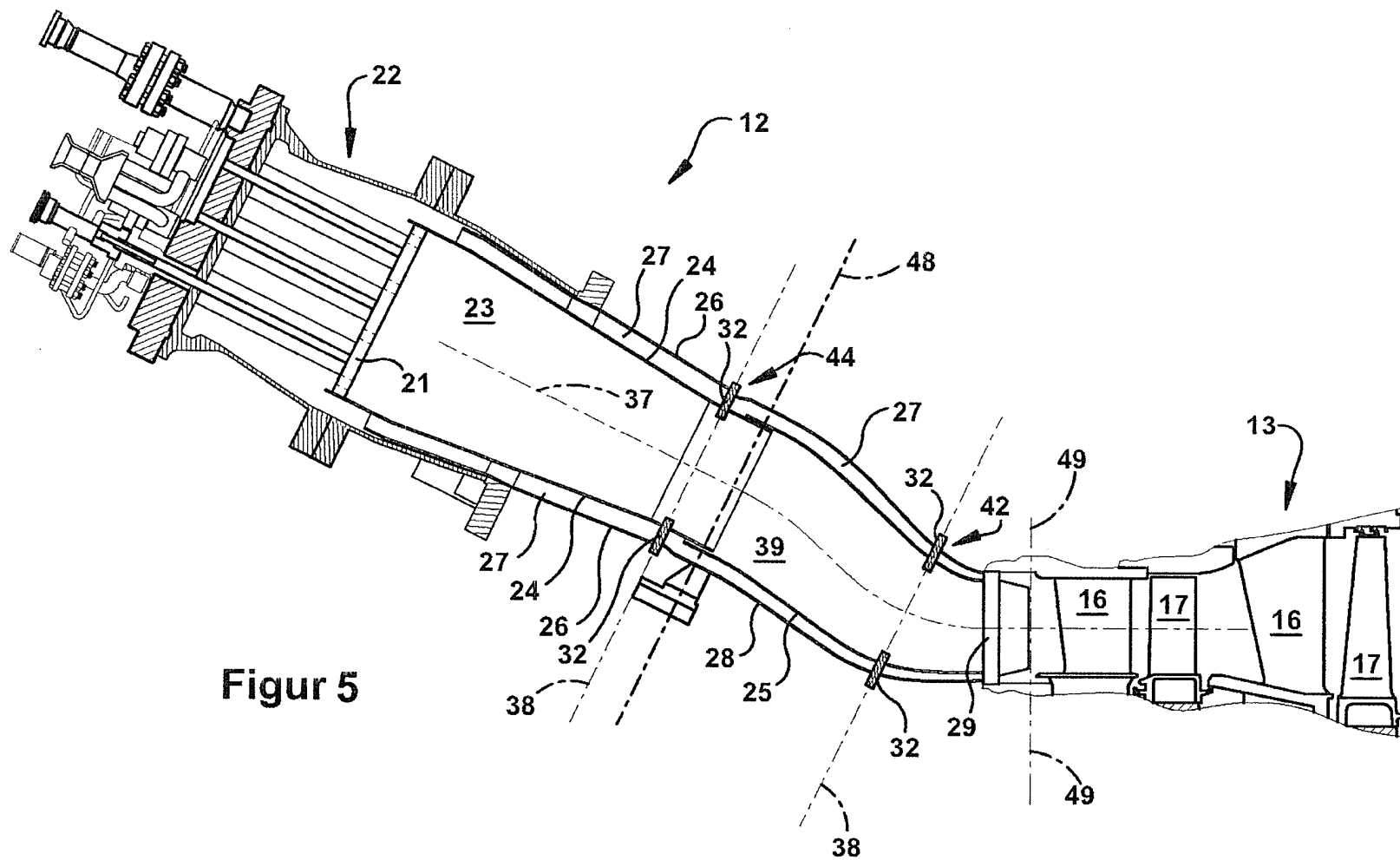
Figur 1
(Stand der Technik)

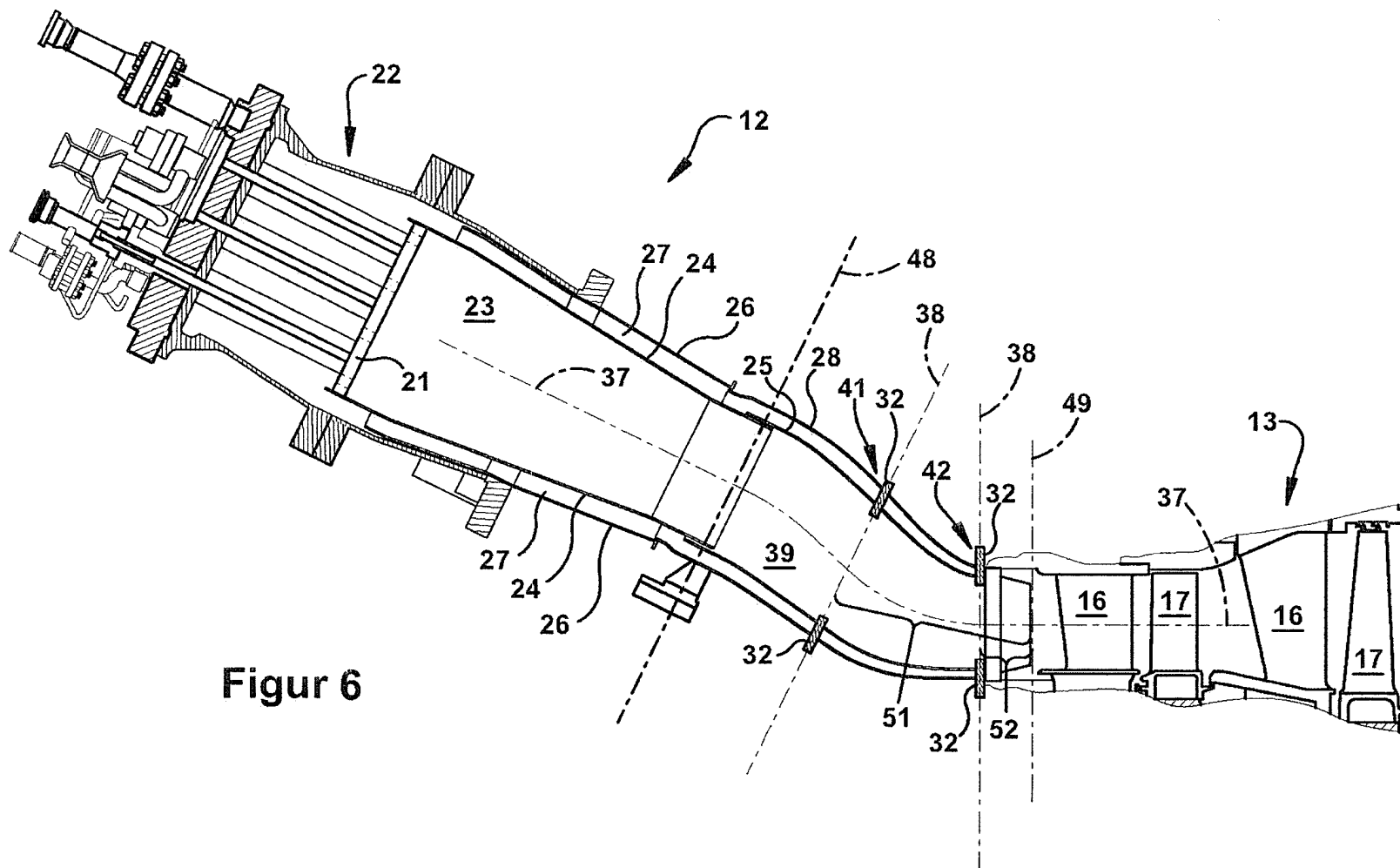


Figur 2
(Stand der Technik)

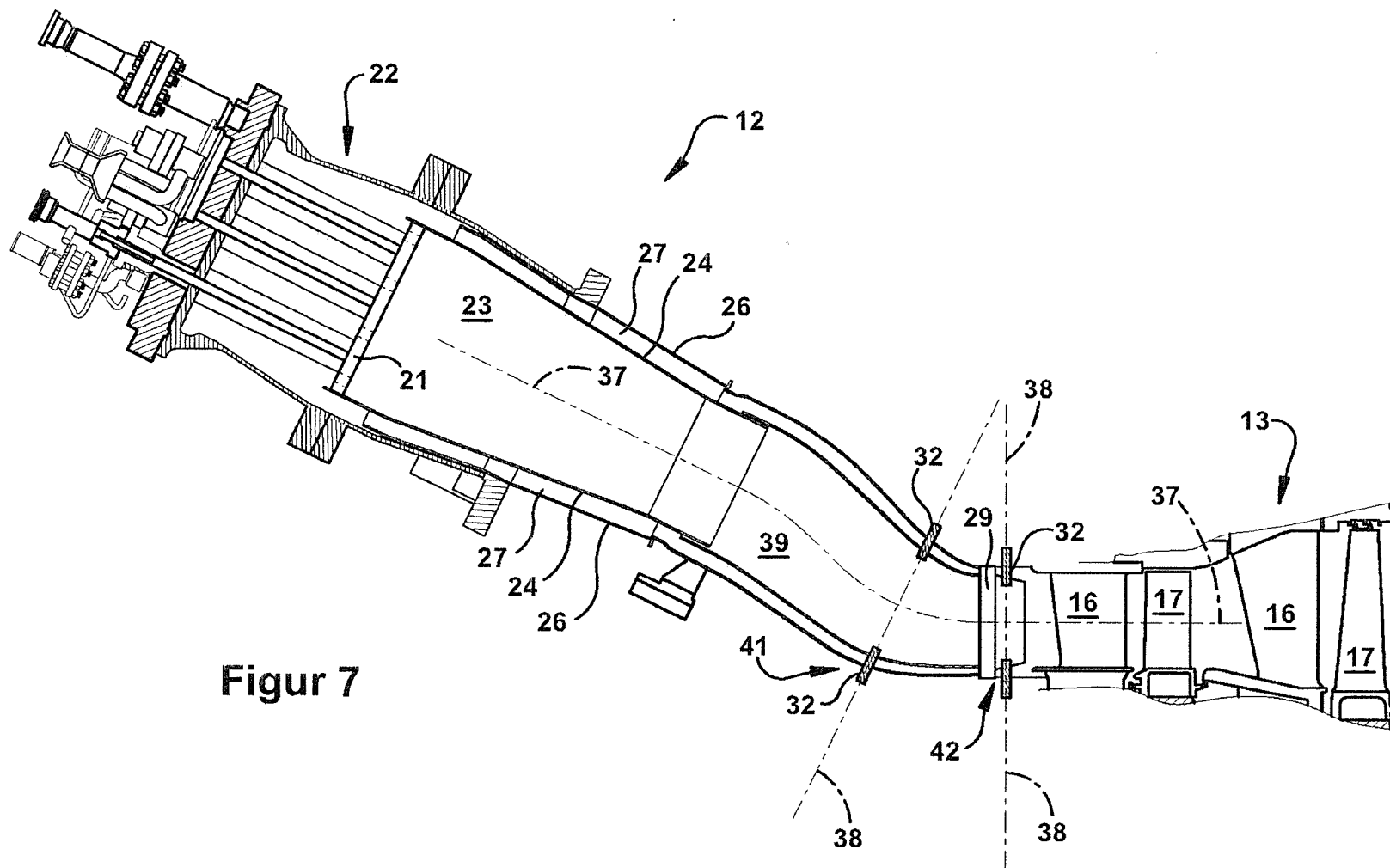




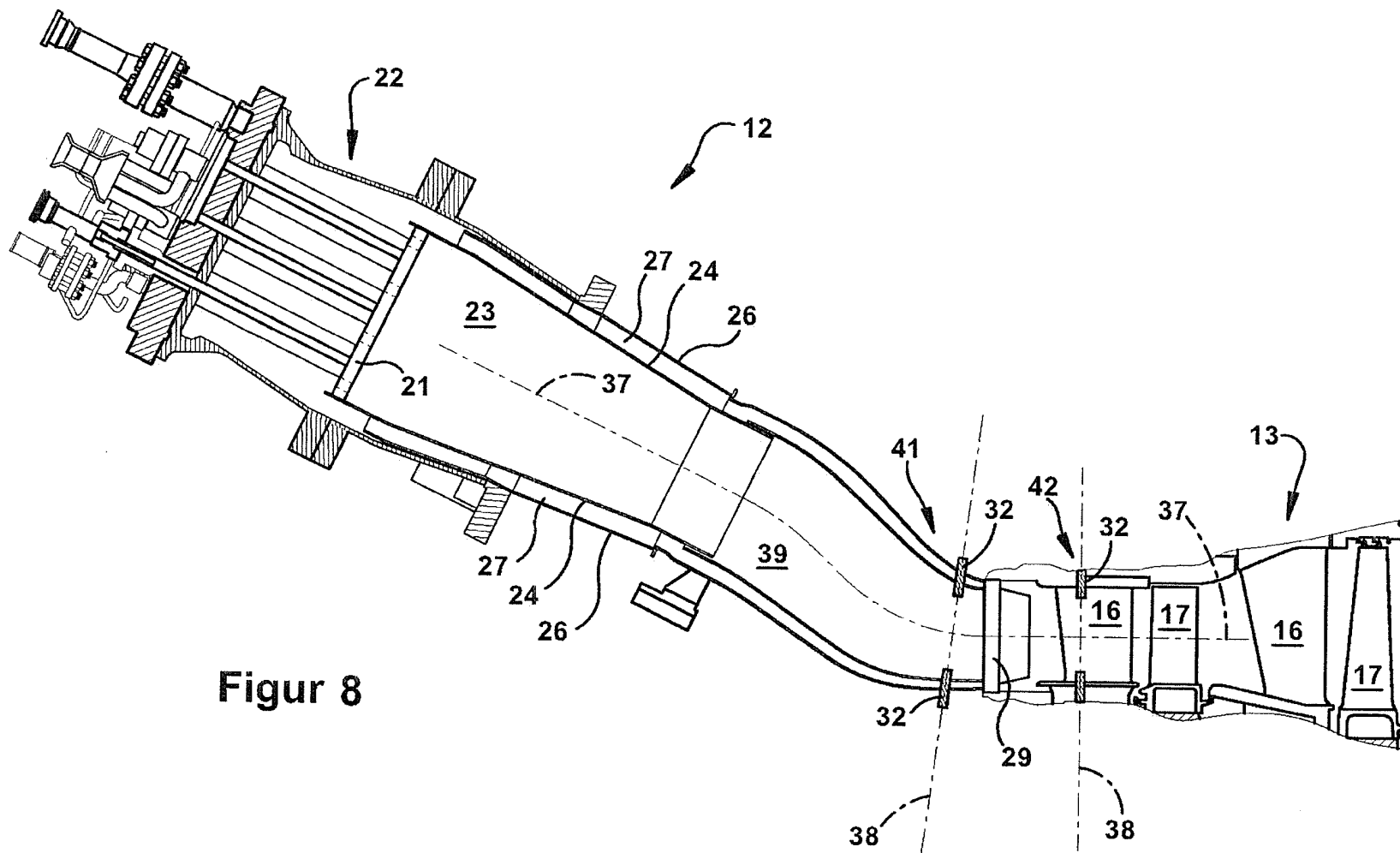




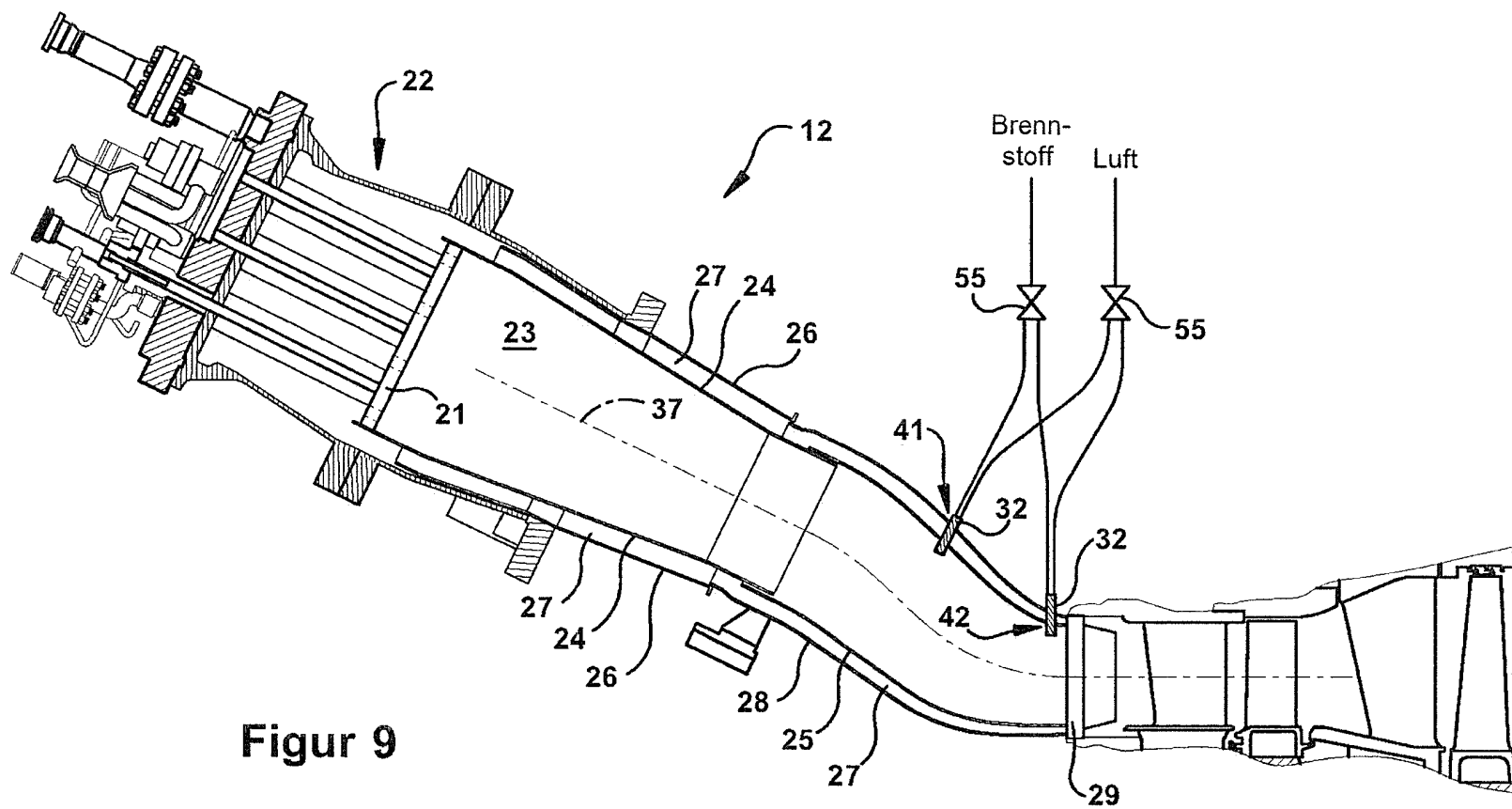
Figur 6



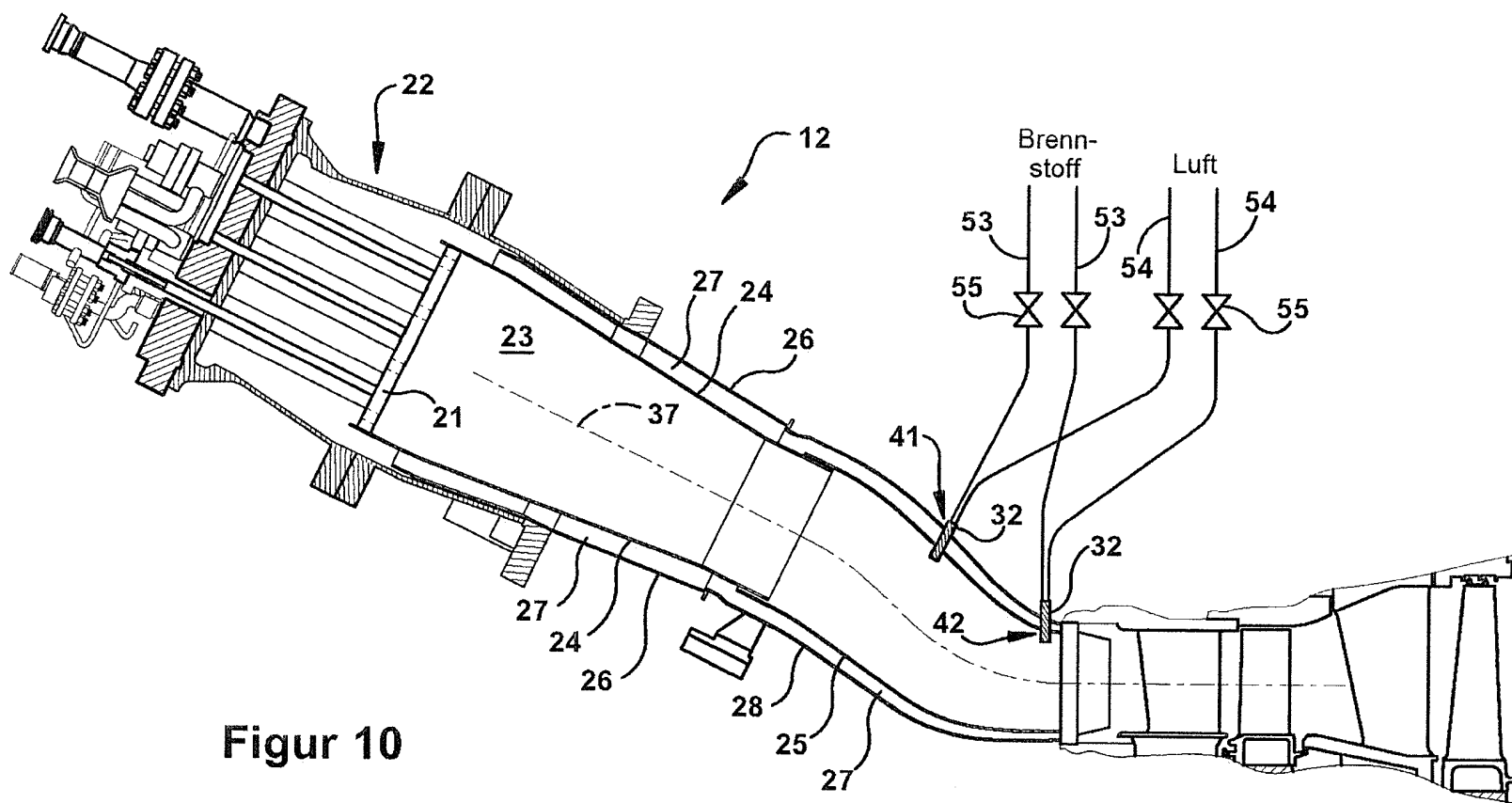
Figur 7



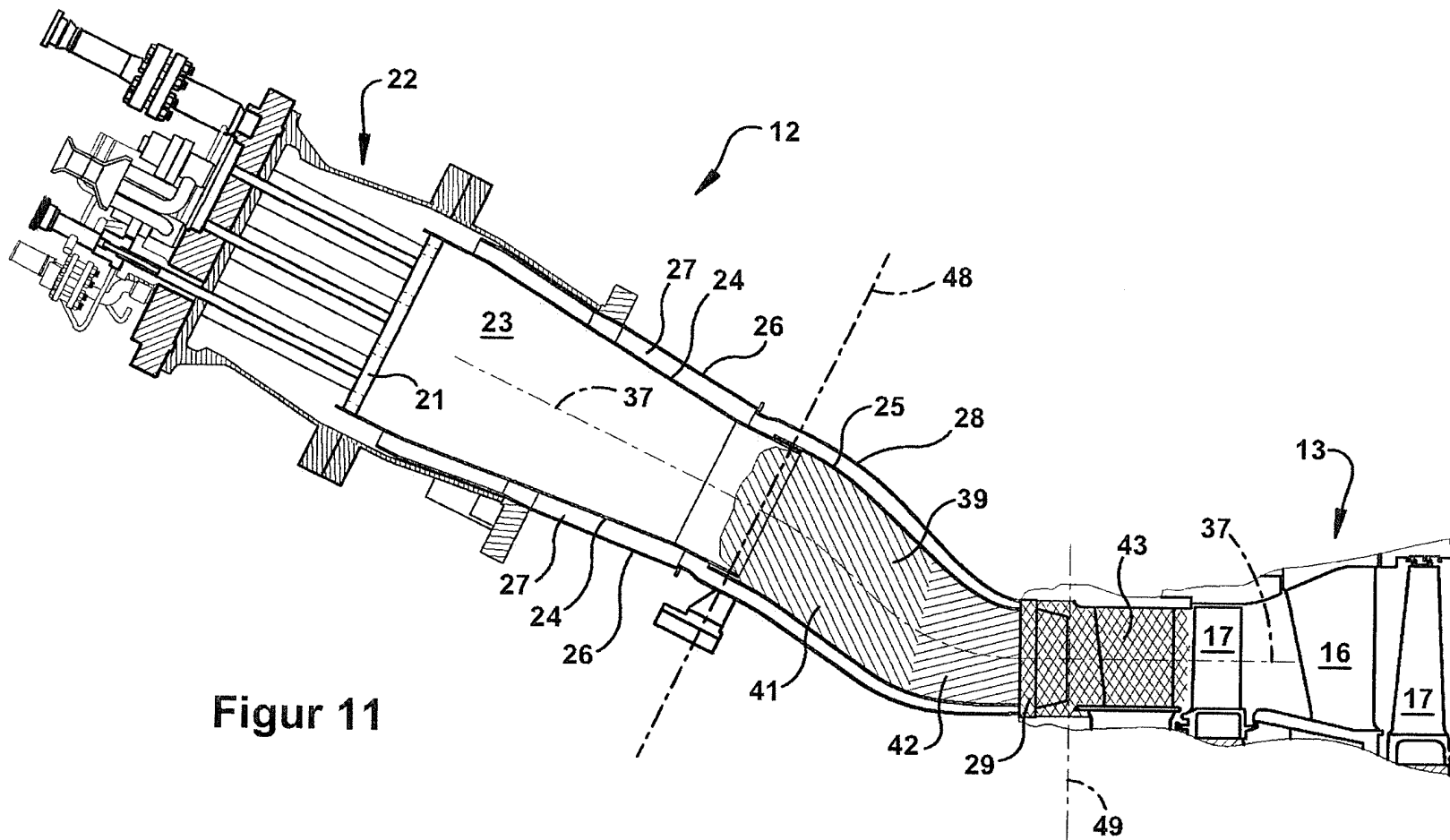
Figur 8



Figur 9

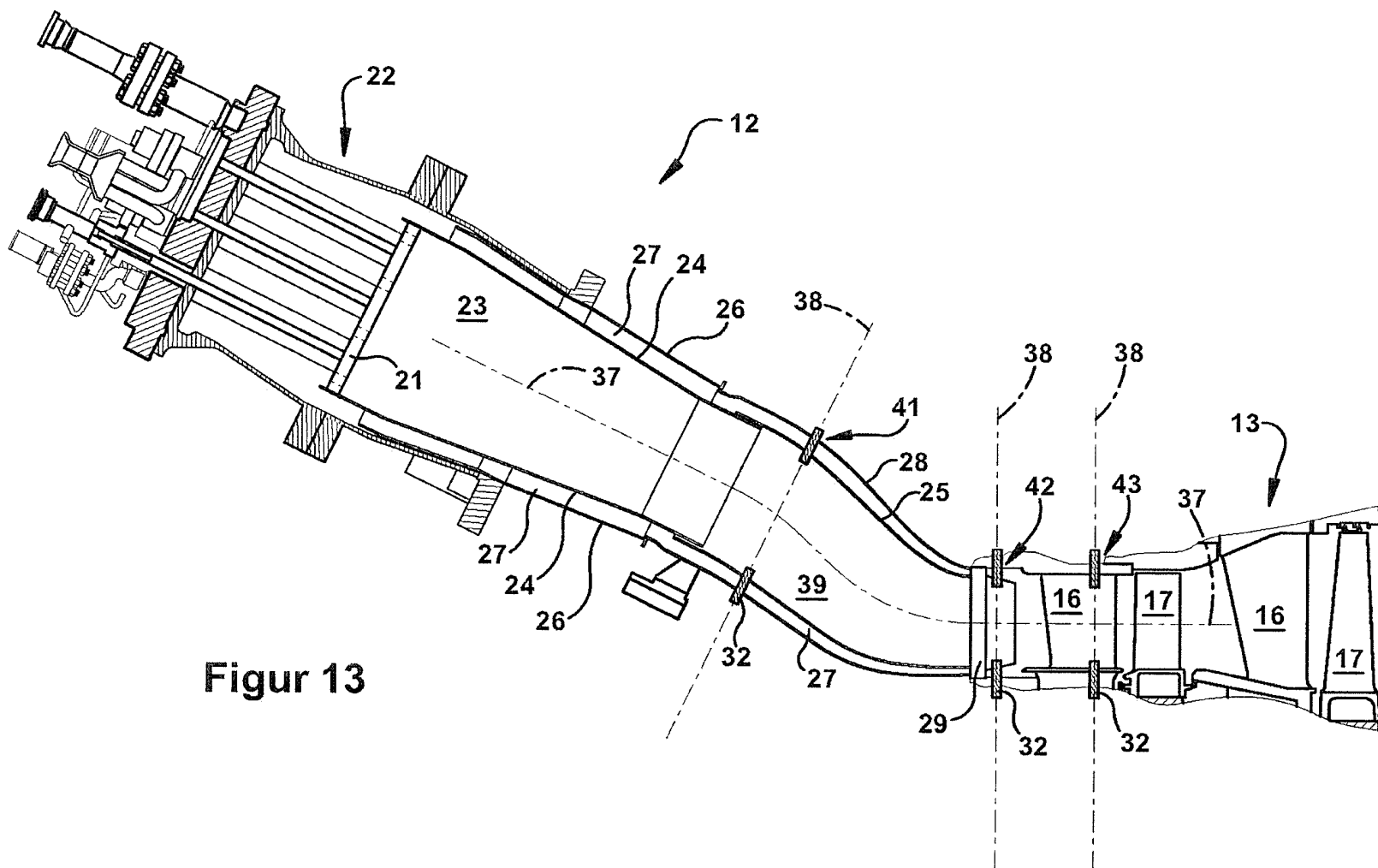


Figur 10

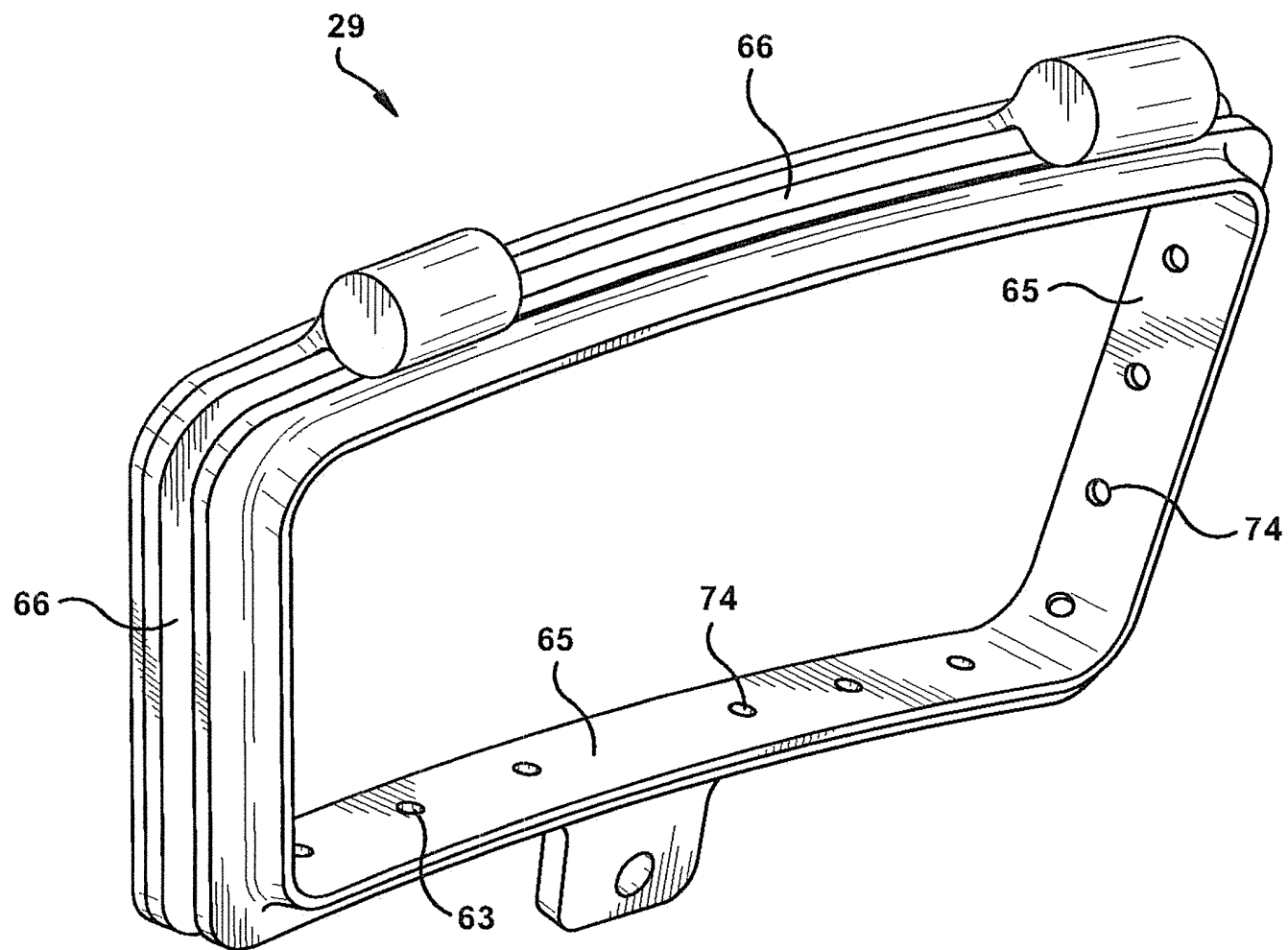


Figur 11

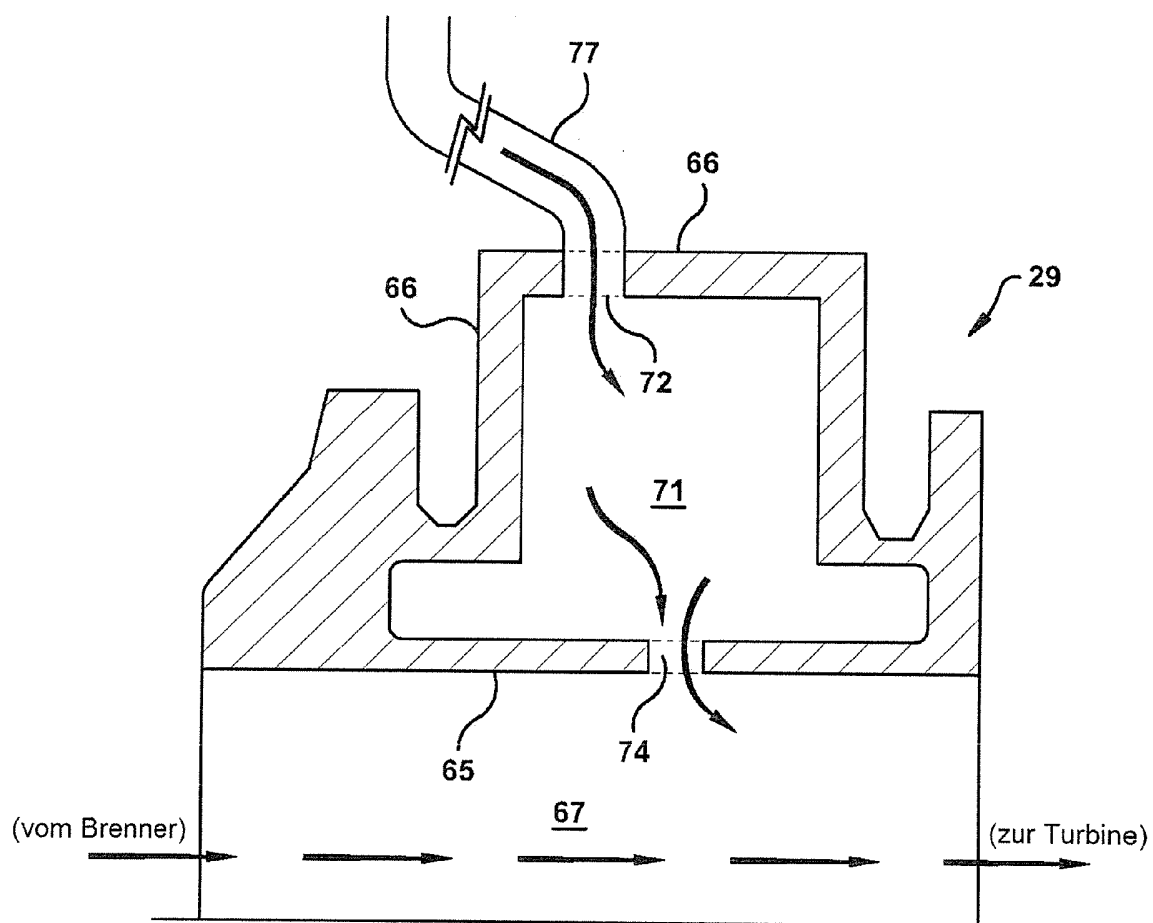




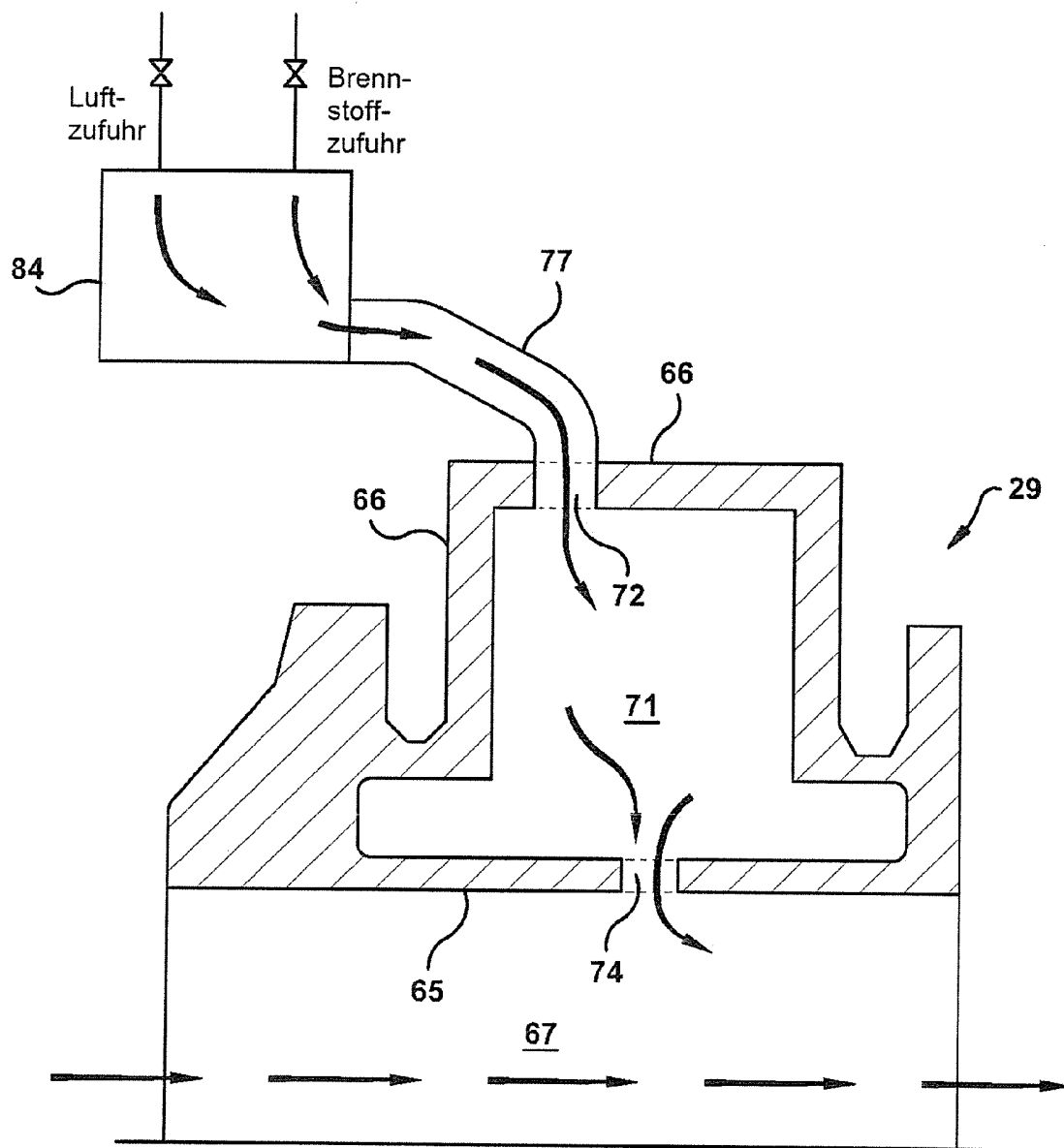
Figur 13



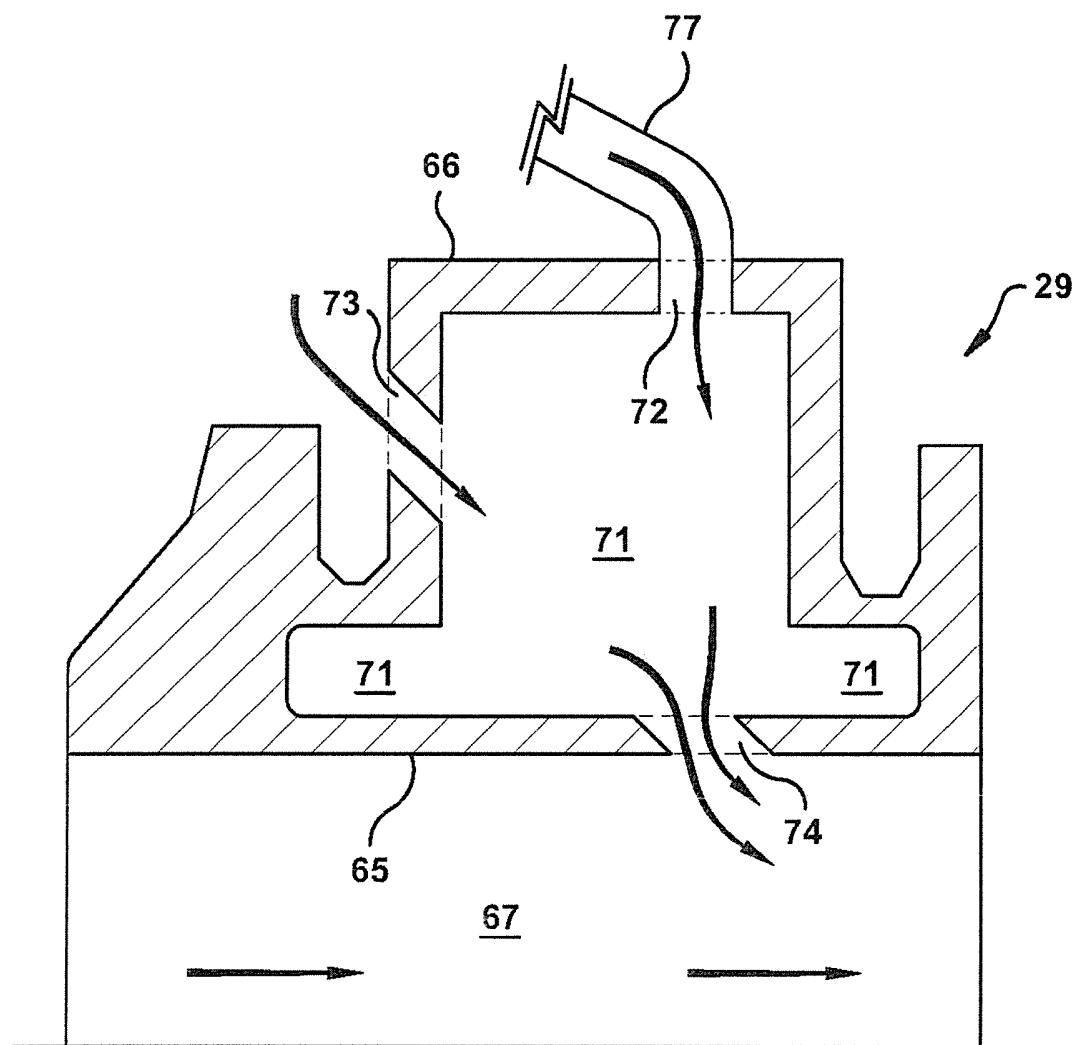
Figur 14



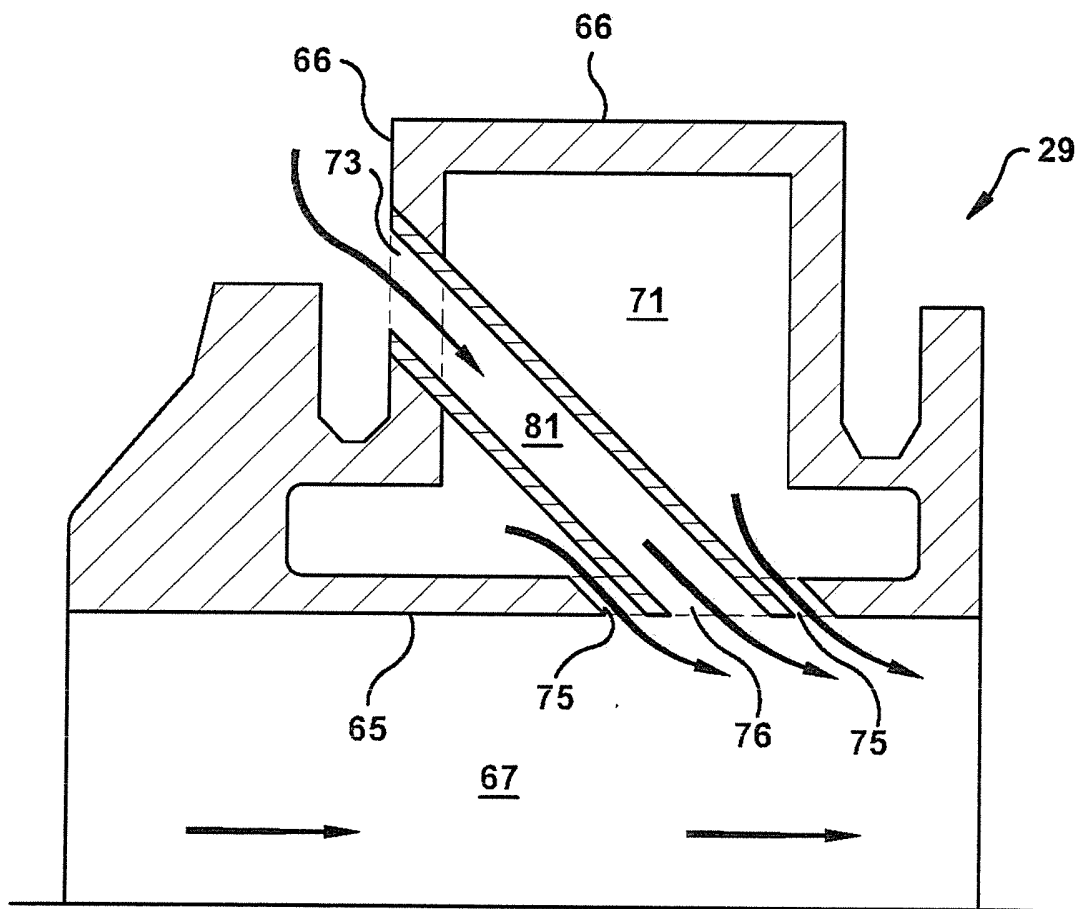
Figur 15



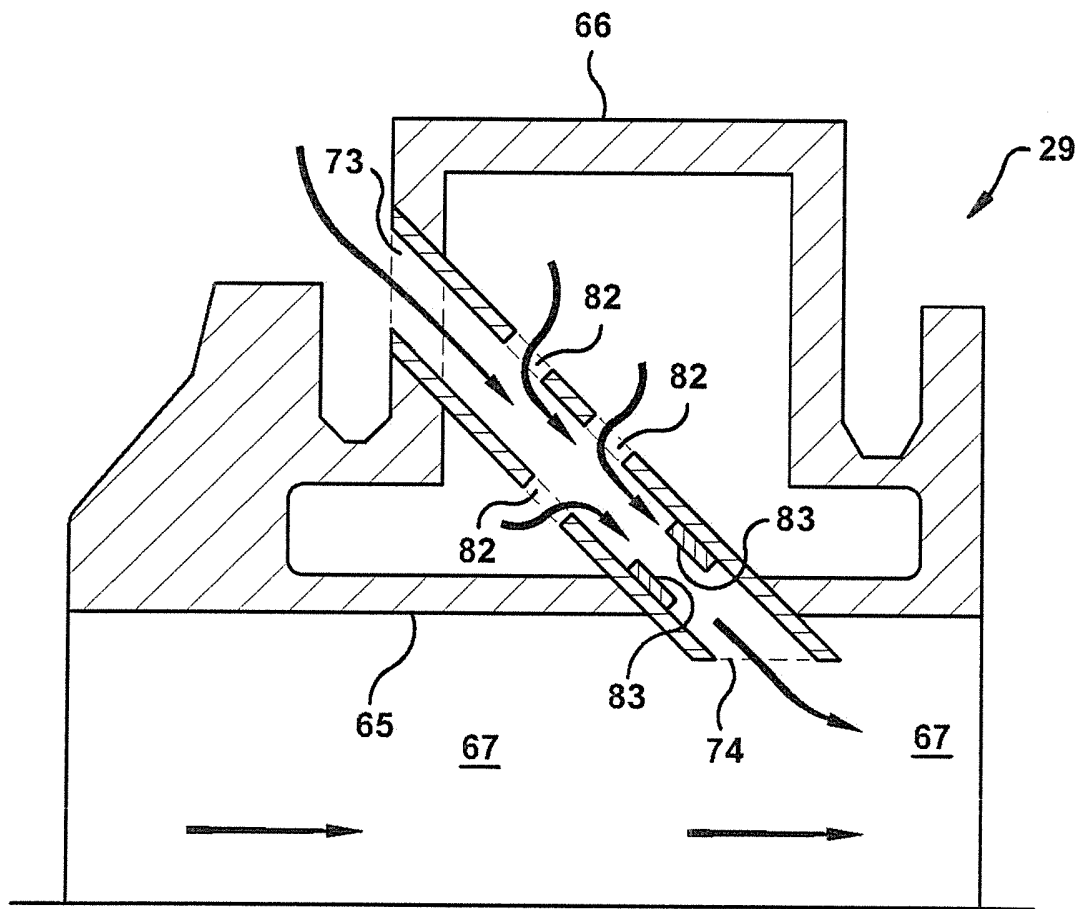
Figur 16



Figur 17



Figur 18



Figur 19