(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 861 B1

(51) Int. Cl.: F02C 9/50 (2006.01)
F02C 7/22 (2006.01)
F02C 3/22 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

# (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01345/08

(22) Anmeldedatum: 25.08.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.03.2009

(30) Priorität: 28.08.2007 US 11/846,209

(24) Patent erteilt: 13.07.2012

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.07.2012

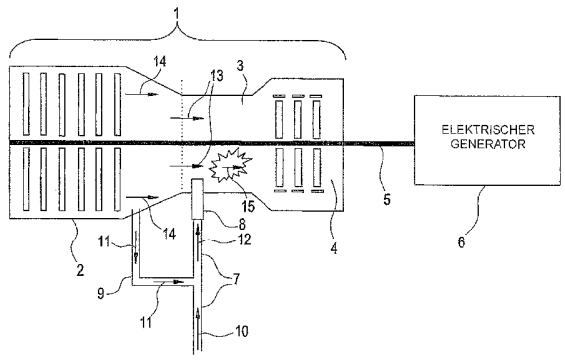
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
James Antony West,
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)
Sam D. Draper, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)
Hasan Ul Karim, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)
Christopher John Mordaunt,
Mifflinburg, Pennsylvania 17844 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

## (54) Gasturbine und Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine.

(57) Es wird eine Gasturbine (1), umfassend eine Kupplung, an welche eine Brennstoffquelle und eine Gasquelle gekoppelt sind, vorgestellt. Die Kupplung ist ausgebildet, ein Gas aus der Gasquelle und einen Brennstoff (10) aus der Brennstoffquelle zu mischen, um ein Gemisch aus dem Gas und dem Brennstoff (10) zu bilden. Die Gasturbine (1) umfasst ferner eine Brennstoffdüse (8), in welche das Gemisch eingeleitet ist.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

#### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die hierin offenbarte Erfindung betrifft eine Gasturbine und ein Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine.

#### Beschreibung des relevanten Standes der Technik

**[0002]** Gasturbinen werden verwendet, um einen beträchtlichen Anteil an elektrischer Energie für die Öffentlichkeit und die Industrie zu erzeugen. Es ist wichtig, dass Gasturbinen effizient und mit niedrigen Emissionen arbeiten. Mehrere betriebliche Faktoren können den Wirkungsgrad und die Emissionen beeinflussen.

**[0003]** Die Verbrennungstemperatur in einer Brennkammer einer Gasturbine ist ein Faktor, der den Wirkungsgrad beeinflussen kann. Im Allgemeinen resultiert eine Erhöhung der Verbrennungstemperatur in einer Erhöhung des Wirkungsgrads.

**[0004]** Das Ausmass der Mischung von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung kann die Emissionen beeinflussen. Bei der mager vorgemischten Verbrennung können in lokalen Bereichen der Brennkammer Gemische auftreten, die entweder fetter oder magerer sind als das umgebende Gemisch, wenn der Brennstoff und die Luft nicht richtig gemischt werden. Diese fetteren Gemische verbrennen bei höheren Temperaturen als die durchschnittliche Verbrennungstemperatur und erzeugen als «heisse Zonen» bekannte Bereiche. Diese heissen Zonen tragen im Allgemeinen zu höheren Raten der Stickoxidproduktion ($NO_X$) bei. Umgekehrt verbrennen magerere Gemische bei Temperaturen unter der durchschnittlichen Verbrennungstemperatur. Die Verbrennung der mageren Mischungen kann im Allgemeinen in der Bildung von zusätzlichem Kohlenmonoxid (CO) resultieren.

**[0005]** Der Grad der Mischung von Brennstoff und Luft in der Gasturbine ist wichtig, um die Emissionen zu kontrollieren. Darüber hinaus kann die Gasturbine, wenn die Emissionen bei einer Erhöhung der Verbrennungstemperatur dennoch konstant gehalten werden können, mit einem höheren Wirkungsgrad betrieben werden.

**[0006]** Die Mischung von Brennstoff und Luft erfolgt im Allgemeinen in der Brennkammer oder in dem Mischungsabschnitt einer Brennstoffdüse. Die Brennstoffdüse wird verwendet, um Brennstoff in den eintretenden Luftstrom einzuspritzen, einen Mischbereich zu schaffen und dann das Brennstoff/Luft-Gemisch in die Brennkammer hineinzuleiten. Im Allgemeinen werden sowohl der Brennstoff als auch die Luft in einem eigenen Strom bereitgestellt. Verbesserungen in der Mischung von Brennstoff und Luft wurden bisher durch Modifikation oder Einstellung der Erzeugung von Luftverwirbelung und/oder des Typs von Brennstoffdüsen und/oder der Positionen der Brennstoffdüsen relativ zu dem Luftstrom durchgeführt. Zum Beispiel ist die Verwendung von Schaufeln in dem Luftstrom eine Möglichkeit, die Luftverwirbelung zu erhöhen. Sogar mit den vorstehend beschriebenen Verbesserungen kommt es immer noch in einem gewissen Ausmass zu ungleichmässiger Mischung.

**[0007]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile aus dem Stand der Technik zu beheben. Diese Aufgabe wird durch eine Gasturbine mit den Merkmalen gemäss Patentanspruch 1 gelöst, bei welcher die Mischung von Brennstoff und Luft zur Verbrennung verbessert ist. Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zum Betreiben dieser Gasturbine gemäss Patentanspruch 10 gelöst.

#### Kurzbeschreibung der Erfindung

**[0008]** Offenbart wird ein Gasturbinensystem, umfassend eine an eine Brennstoffquelle gekoppelte Gasquelle, wobei das Gas und der Brennstoff kombiniert werden, um ein Gemisch aus Gas und Brennstoff zu bilden, bevor das Gemisch in eine Brennstoffdüse des Gasturbinensystems eingeleitet wird.

**[0009]** Die Erfindung betrifft eine Gasturbine mit den Merkmalen gemäss Patentanspruch 1.

**[0010]** Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine mit den Schritten gemäss Patentanspruch 10.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0011]** Die vorstehend genannten sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, in welchen:

| | |
|---|---|
| Fig. 1 | eine beispielhafte Gasturbine veranschaulicht; |
| Fig. 2 | ein beispielhaftes Steuerungssystem zum Vormischen von Luft und Brennstoff veranschaulicht; |
| Fig. 3A und 3B, | auf die gemeinsam als Fig. 3 Bezug genommen wird, ein weiteres Beispiel einer Gasturbine mit Vormischung von Brennstoff und Luft veranschaulichen; |

Fig. 4 einen beispielhaften Graphen der Stickoxidemissionen gegen die Flammentemperatur veranschaulicht; und

Fig. 5 ein beispielhaftes Verfahren zum Betreiben der Gasturbine darstellt.

**Detaillierte Beschreibung der Erfindung**

**[0012]** In den Figuren ist eine Gasturbine gezeigt, bei welcher eine Mischung von Brennstoff und Luft als ein beispielhaftes Gas vor der Verbrennung in der Gasturbine bereitgestellt ist. Hierbei ist für eine gleichmässigere Mischung des Brennstoffs mit der Luft als bei der Mischung bei einer Gasturbine nach dem Stand der Technik gesorgt.

**[0013]** Im Stand der Technik werden der Brennstoff und die Luft separat in Richtung des Kopfendes einer Brennkammer in der Gasturbine eingespritzt. Der Brennstoff wird unter Verwendung einer durch eine Brennstoffleitung versorgten Brennstoffdüse eingespritzt. In der Brennkammer werden der Brennstoff und die Luft unter Verwendung der Verwirbelung, neben weiteren Merkmalen, vor der Verbrennung gemischt.

**[0014]** Bei der in den Figuren gezeigten Gasturbine ist das Vormischen des Brennstoffs mit einer Luftmenge vor dem Eintreten des Gemischs in die Brennstoffdüse vorgesehen. Beispielsweise wird der Brennstoff in der Brennstoffleitung mit der Luftmenge gemischt. Die Luftmenge wird hierzu so ausgewählt, dass eine Verbrennung vor dem Eintreten in die Brennstoffdüse ausgeschlossen wird. In den unten vorgestellten Beispielen wird Erdgas als Brennstoff verwendet. Bei Verwendung von Erdgas als Brennstoff schliessen Mischungen von etwa fünfzig Prozent Erdgas und etwa fünfzig Prozent Luft nach Volumen bei 2,758 MPa (400 psia) im Allgemeinen die Verbrennung aus, wie dem Fachmann auf dem Gebiet der Erdgasverbrennung bekannt ist.

**[0015]** Der Einfachheit halber werden nun bestimmte Definitionen geboten. Der Begriff «Gasturbine» bezieht sich auf einen Motor mit kontinuierlicher Verbrennung. Die Gasturbine schliesst beispielsweise einen Kompressor, eine Brennkammer und eine Turbine ein. Der Kompressor verdichtet Luft für die Verbrennung in einer Brennkammer. Heisse Gase treten aus der Brennkammer aus und drehen eine Turbine. Die Turbine ist an eine Welle gekoppelt, welche auch an einen elektrischen Generator gekoppelt sein kann. Von der Gasturbine erzeugte Leistung kann verwendet werden, um den elektrischen Generator zur Erzeugung von Elektrizität zu drehen. Der Begriff «Brennstoffleitung» bezieht sich auf eine Leitung zum Transportieren von Brennstoff an eine Brennstoffdüse. Der Begriff «Brennstoffdüse» bezieht sich auf eine Düse, die verwendet wird, um Brennstoff, und oft auch Luft, in die Brennkammer einzuspritzen. Die Brennstoffdüsen können verschiedene Konstruktionen aufweisen. In einem Beispiel wird ein brennbares Gemisch aus Brennstoff und Luft an der Spitze der Brennstoffdüse benachbart zu der Brennkammer gebildet. Der Begriff «Äquivalenzverhältnis» bezieht sich auf ein Brennstoff /Luft-Verhältnis geteilt durch das stöchiometrische Brennstoff/Luft-Verhältnis. Der Begriff «Ungemischtheit» bezieht sich darauf, wie gut Brennstoff und Luft in einem Volumen gemischt werden. Insbesondere bezieht sich Ungemischtheit auf die Standardabweichung der Äquivalenzverhältnisse von Mischungen innerhalb des Volumens geteilt durch den Durchschnitt der Äquivalenzverhältnisse. Wenn zum Beispiel die Standardabweichung der Äquivalenzverhältnisse von Mischungen innerhalb eines Volumens 0,025 beträgt und das durchschnittliche Äquivalenzverhältnis 0,5, so beträgt die Ungemischtheit des Gemischs fünf Prozent (0,05). Der Begriff «Einlass-Zapfheissluft» bezieht sich auf Luft, die aus dem Kompressor entnommen wird, bevor die Luft an die Brennkammer geleitet wird. Die entnommene Luft wird im Allgemeinen durch die Verdichtung erwärmt und an den Einlass des Kompressors geleitet.

**[0016]** Fig. 1 veranschaulicht eine beispielhafte Gasturbine 1. Die gezeigte Gasturbine 1 schliesst einen Kompressor 2, eine Brennkammer 3 und eine Turbine 4 ein. Der Kompressor 2 ist über eine Welle 5 an die Turbine 4 gekoppelt. In dem Beispiel von Fig. 1 ist die Welle 5 auch an einen elektrischen Generator 6 gekoppelt. Der Kompressor 2 stellt Kompressorluft 14 bereit.

**[0017]** Unter Bezugnahme auf Fig. 1 ist eine Brennstoffleitung 7 an eine Brennstoffdüse 8 gekoppelt. Die Brennstoffdüse 8 kann Brennstoff oder ein Luft-Brennstoff-Gemisch einspritzen. Ebenfalls in Fig. 1 dargestellt ist eine an einem Ende an den Kompressor 2 gekoppelte und am anderen Ende an die Brennstoffleitung 7 gekoppelte Luftleitung 9. In Übereinstimmung mit den hierin enthaltenen Lehren wird ein Teil der Kompressorluft 14 (hierin als «Vormischluft 11» bezeichnet) in die Luftleitung 9 abgezweigt. Die Luftleitung 9 liefert die Vormischluft 11 an die Brennstoffleitung 7. In der Brennstoffleitung 7 werden die Vormischluft 11 und der Brennstoff 10 gemischt, um ein Luft-Brennstoff-Gemisch 12 zu bilden. Das Luft-Brennstoff-Gemisch 12 wird über die Brennstoff düse 8 in die Brennkammer 3 eingespritzt, wo das Luft-Brennstoff-Gemisch 12 vor der Verbrennung mit Luft, die nicht von der Kompressorluft 14 abgezweigt wurde (hierin als «Direktluft 13» bezeichnet) kombiniert wird. Das Luft-Brennstoff-Gemisch 12 und die Direktluft 13 vereinigen sich unter Bildung eines brennbaren Gemischs 15, das sich in der Brennkammer 3 entzündet. Die Summe aus Vormischluft 11 und Direktluft 13 ist im Wesentlichen dieselbe wie die Menge an Verbrennungsluft, die erforderlich wäre, wenn kein Vormischen des Brennstoffs 10 und der Vormischluft 11 erfolgen würde. Beispielsweise, um die Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemischs 12 in der Brennstoffleitung 7 auszuschliessen, wird die Menge der Vormischluft 11, die mit dem Brennstoff 10 vorgemischt werden soll, durch ein Steuerungssystem gesteuert, um ein sicheres, nicht brennbares Luft-Brennstoff-Gemisch 12 bereitzustellen.

**[0018]** Fig. 2 veranschaulicht ein beispielhaftes Steuerungssystem 20 zur Bereitstellung eines sicheren Luft-Brennstoff-Gemischs 12. In dem Beispiel von Fig. 2 misst ein Durchflusssensor 21 den Fluss des Brennstoffs 10 in der Brennstoffleitung 7. Ein Steuergerät 22 empfängt Informationen in Bezug auf den Fluss des Brennstoffs 10 und steuert ein Flussre-

gelventil 23 auf der Grundlage dieser Informationen. Das Flussregelventil 23 reguliert die Menge an Vormischluft 11, die mit dem Brennstoff 10 vorgemischt werden soll. Ein Beispiel des Durchflusssensors 21 ist eine variable Öffnung, wie dem Fachmann auf dem Gebiet der Durchflussmessung bekannt ist.

**[0019]** Fig. 3 veranschaulicht eine weitere beispielhafte Ansicht der Gasturbine 1. In dieser Ansicht schliesst die Gasturbine 1 eine Vielzahl von Brennstoffdüsen 8 ein, die an eine Vielzahl von zugehörigen Brennkammern 3 gekoppelt ist, wie in Fig. 3A abgebildet. Im Allgemeinen sind die Brennkammern 3 in Umfangsrichtung um eine Zentralachse 30 herum angeordnet. Fig. 3A zeigt das Steuerungssystem 20 für eine Brennstoffdüse 8 und die zugehörige Brennkammer 3. Das Steuerungssystem 20 ist ausgelegt, das Luft-Brennstoff-Gemisch 12 zu steuern, das an jede der Brennstoffdüsen 8 geliefert wird.

**[0020]** Unter Bezugnahme auf Fig. 3A tritt die Kompressorluft 14 in eine Kammer 31 ein, wo ein Teil der Kompressorluft 14 als die Vormischluft 11 abgezweigt wird. Der Fluss der Vormischluft 11 wird durch das Flussregelungssystem 20 reguliert.

**[0021]** Fig. 3B veranschaulicht eine detailliertere Ansicht der Brennstoffdüse 8 und der zugehörigen Brennkammer 3. Die Direktluft 13 von der Kammer 31 tritt in einen Ring der Brennkammer 3 ein und strömt zu der Brennstoffdüse 8. An der Brennstoff düse 8 wird die Direktluft 13 mit dem Luft-Brennstoff-Gemisch 12 kombiniert, um das brennbare Gemisch 15 zu bilden. Das brennbare Gemisch 15 wird in jeder Brennkammer 3 gezündet.

**[0022]** Die gezeigte Gasturbine 1 sorgt für eine Verringerung der Stickoxidemissionen ($NO_X$) und/oder für eine Erhöhung des Wirkungsgrads der Gasturbine 1. Fig. 4 stellt einen beispielhaften Graph dar, der die Effekte der Ungemischtheit auf die Emissionen von $NO_X$ abbildet. Der Graph veranschaulicht die Kurve der $NO_X$-Emissionen gegen die Flammentemperatur in der Brennkammer 3 für unterschiedliche Prozentsätze der Ungemischtheit. Wie in Fig. 4 in Bezug auf die Kurve für eine Ungemischtheit von zehn Prozent zu sehen ist (S = 10%), erlaubt bei einem konstanten Niveau der $NO_X$-Emissionen eine Verbesserung der Ungemischtheit um ein Prozent eine Erhöhung der Flammentemperatur von ungefähr 8,33 °C (15 °F). Die Erhöhung der Temperatur kann mit einer Erhöhung des Wirkungsgrads der Gasturbine 1 in Verbindung stehen. In Kombizyklus-Anwendungen der Gasturbine 1 kann die Erhöhung der Flammentemperatur um 8,33 °C (15 °F) in einer Erhöhung des Wirkungsgrads des Kombizyklus um etwa 0,1 % resultieren. Alternativ nehmen mit einer Verbesserung der Ungemischtheit um ein Prozent bei konstanter Flammentemperatur die $NO_X$-Emissionen um ungefähr zwei ppm ab.

**[0023]** Fig. 5 stellt ein beispielhaftes Verfahren 50 zum Betreiben der Gasturbine dar. Das Verfahren 50 verlangt in 51, dass Vormischluft von einer Luftquelle erhalten wird. Des Weiteren verlangt das Verfahren 50 in 52, dass der Brennstoff von einer Brennstoffquelle erhalten wird. Des Weiteren verlangt das Verfahren 50 in 53, dass die Vormischluft mit dem Brennstoff gemischt wird, um ein Gemisch aus Luft und Brennstoff an die Brennstoffdüse zu liefern.

**[0024]** Es wurde beispielhaft das Vormischen der Vormischluft 11 mit dem Brennstoff 10 vor der Kombination des Luft-Brennstoff-Gemischs 12 mit der Direktluft 13 vorgestellt. In bestimmten Beispielen kann das Vormischen in der Brennstoffleitung 7 und/oder der Brennstoffdüse 8 und/oder einer Mischkammer und/oder in geeigneten, dem Fachmann auf dem Gebiet der Gasturbinen bekannten Komponenten erfolgen. Das Mischen des Luft-Brennstoff-Gemischs 12 mit der Direktluft 13 kann in der Brennstoffdüse 8 und/oder der Brennkammer 3 und/oder in geeigneten, dem Fachmann auf dem Gebiet der Gasturbinen bekannten Komponenten erfolgen. In bestimmten Beispielen kann die Vormischluft 11 von dem Kompressor 2 und/oder von der Einlass-Zapfheissluft und/oder von beliebigen geeigneten Luftquellen, die dem Fachmann auf dem Gebiet der Gasturbinen bekannt sind, bezogen werden.

**[0025]** Obwohl die vorausgegangenen Erläuterungen in Bezug auf die Verwendung von Erdgas als Brennstoff 10 erfolgt sind, können auch andere Brennstoffe wie zum Beispiel vergaste Kohle oder eine Kombination von Brennstoffen und Inertstoffen in gasförmigem und/oder flüssigem Zustand verwendet werden. Es ist vorgesehen, dass das Luft-Brennstoff-Gemisch 12 eine Verbrennung vor der Kombination mit Direktluft 13 zur Bildung des brennbaren Gemischs 15 ausschliesst. Ein Verhältnis von Brennstoff 10 und Vormischluft 11, das eine Verbrennung ausschliesst, kann durch den Fachmann auf dem Gebiet der Verbrennung des gewählten Typs von Brennstoff 10 bestimmt werden.

**[0026]** In den vorstehend erläuterten Beispielen wird Luft als das Gas verwendet, das in den Kompressor 2 eingeführt wird. In anderen Beispielen können andere Gase mit der Luft mit verwendet werden. Beispiele für solche andere Gase schliessen Kohlendioxid, Dampf, und zusätzlichen Stickstoff, der über die normale Konzentration von Stickstoff in der Luft hinausgeht, ein.

**[0027]** Zum Beispiel kann das Steuerungssystem 20 ein analoges System und/oder ein digitales System einschliessen. Das digitale System kann zumindest eine der folgenden Komponenten einschliessen: einen Prozessor, Arbeitsspeicher, Speicher, Eingabe-/Ausgabe-Schnittstelle, Eingabe/Ausgabe-Einrichtungen und/oder eine Kommunikationsschnittstelle. Im Allgemeinen kann ein auf einem von einer Maschine lesbaren Medium gespeichertes und von einer Maschine ausführbare Anweisungen einschliessendes Computerprogrammprodukt in das digitale System eingegeben werden. Das Computerprogrammprodukt kann Anweisungen einschliessen, die von dem Prozessor ausgeführt werden, um die Vormischluft 11 mit dem Brennstoff 10 in einem Verhältnis vorzumischen, das eine Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemischs 12 vor dem Einleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs 12 in die Brennstoffdüse 8 ausschliesst.

**Patentansprüche**

1. Gasturbine (1), umfassend:

eine Kupplung, an welche eine Brennstoffquelle und eine Gasquelle gekoppelt sind, wobei die Kupplung ausgebildet ist, ein Gas aus der Gasquelle und einen Brennstoff (10) aus der Brennstoffquelle zu mischen, um ein Gemisch aus dem Gas und dem Brennstoff (10) zu bilden, und
eine Brennstoffdüse (8), in welche das Gemisch eingeleitet ist.

2. Gasturbine (1) nach Anspruch 1, wobei das Gas Luft ist.
3. Gasturbine (1) nach Anspruch 1, wobei das Gas Luft und zumindest Kohlendioxid und/oder zusätzlichen Stickstoff und/oder Dampf umfasst.
4. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Gemisch nicht brennbar ist.
5. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Brennstoff Erdgas umfasst.
6. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Brennstoff vergaste Kohle oder eine Kombination von Brennstoffen und Inertstoffen umfasst.
7. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner umfassend eine Brennstoffleitung (7), an welche die Brennstoffdüse (8) gekoppelt ist.
8. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Gasquelle eine Leitung umfasst, die mit einer Kammer (31) gekoppelt ist, die das Gas von einem Kompressor (2) empfängt.
9. Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, des Weiteren umfassend ein Steuerungssystem (20) zur Steuerung eines Verhältnisses von dem Gas und dem Brennstoff (10) in dem Gemisch.
10. Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Verfahren umfasst:
den Empfang von Gas von der Gasquelle;
den Empfang von Brennstoff (10) von der Brennstoffquelle;
Mischen des Gases mit dem Brennstoff (10) an der Kupplung, um das Gemisch aus Gas und Brennstoff (10) zu bilden, und Einleiten des Gemisches in die Brennstoffdüse (8) der Gasturbine (1).

FIG. 1

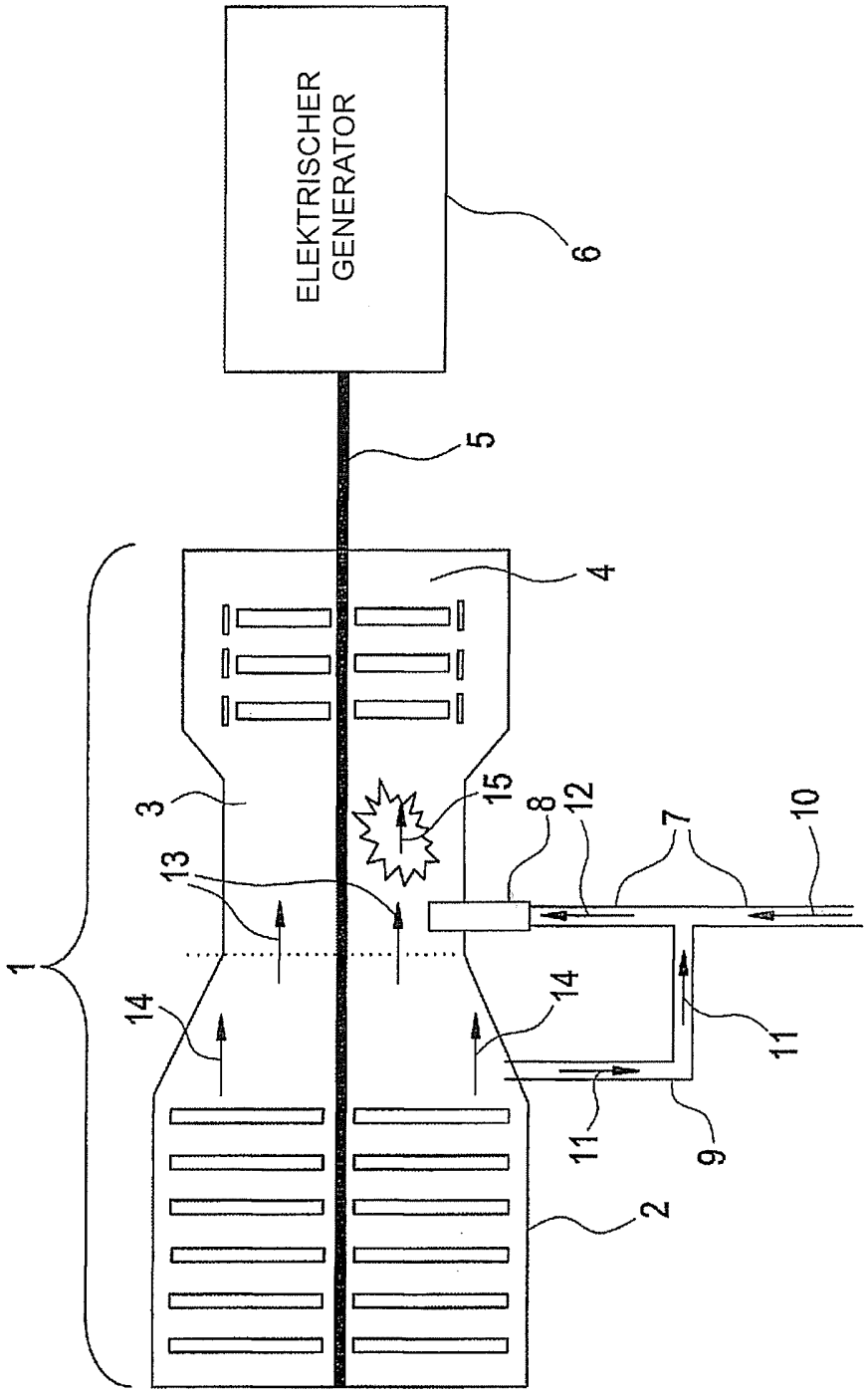


FIG. 2

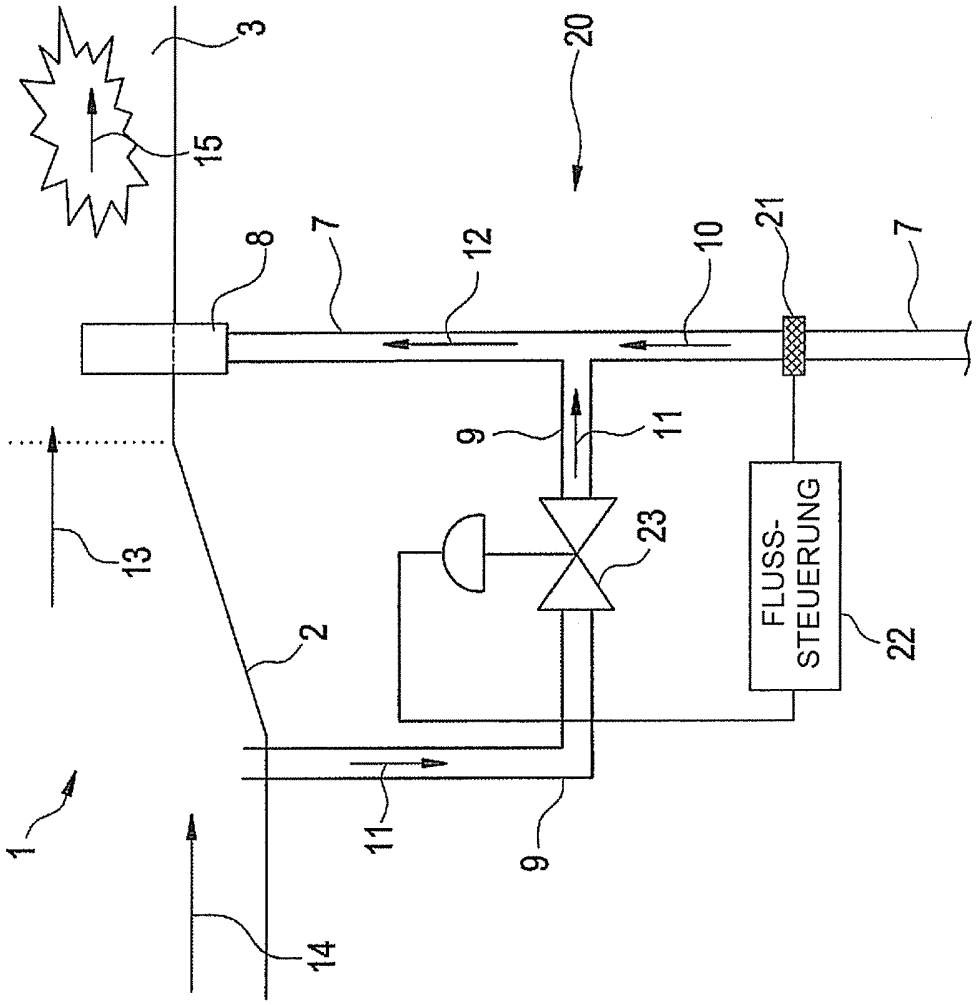


FIG. 3A

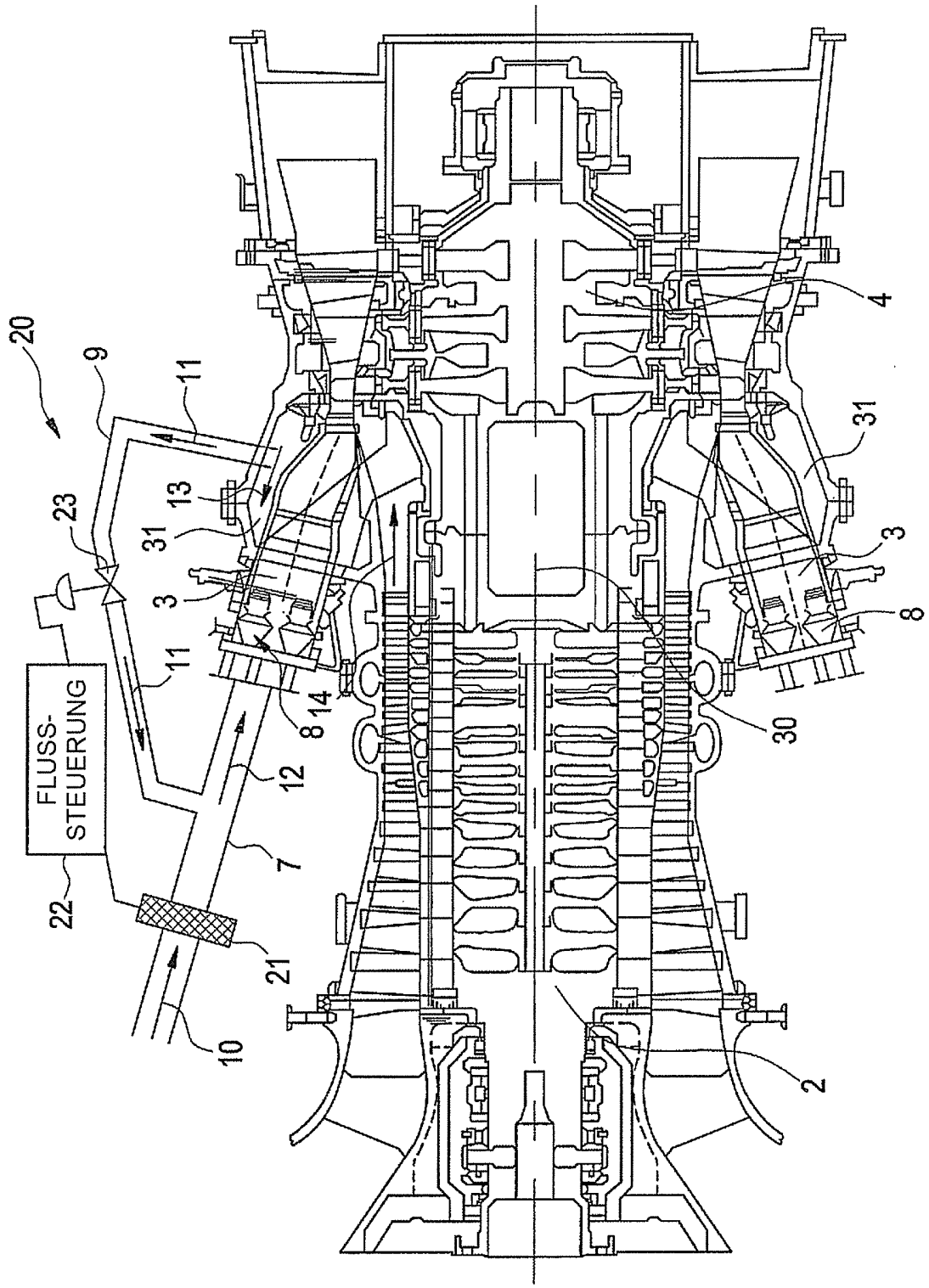


FIG. 3B

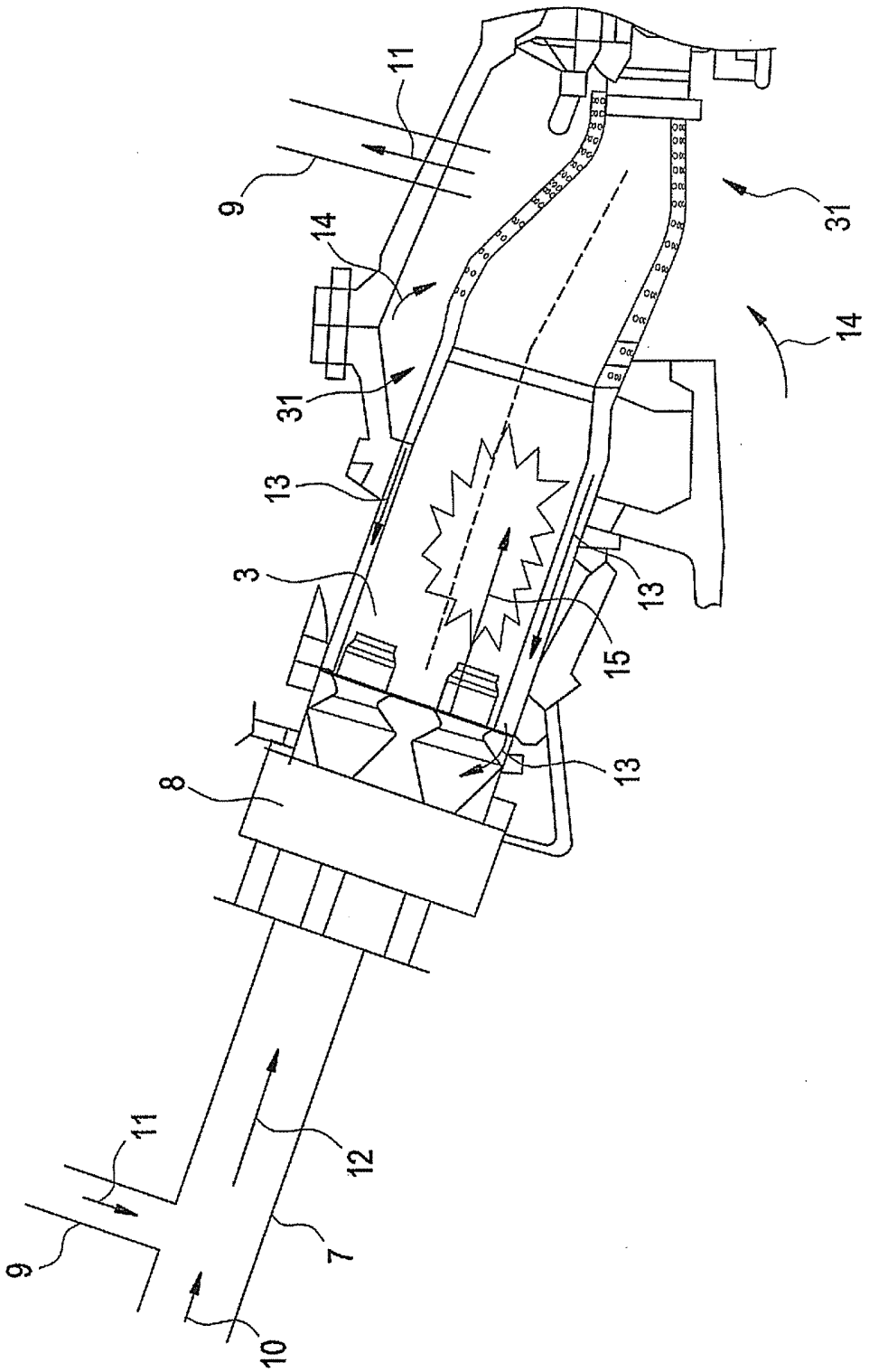


FIG. 4

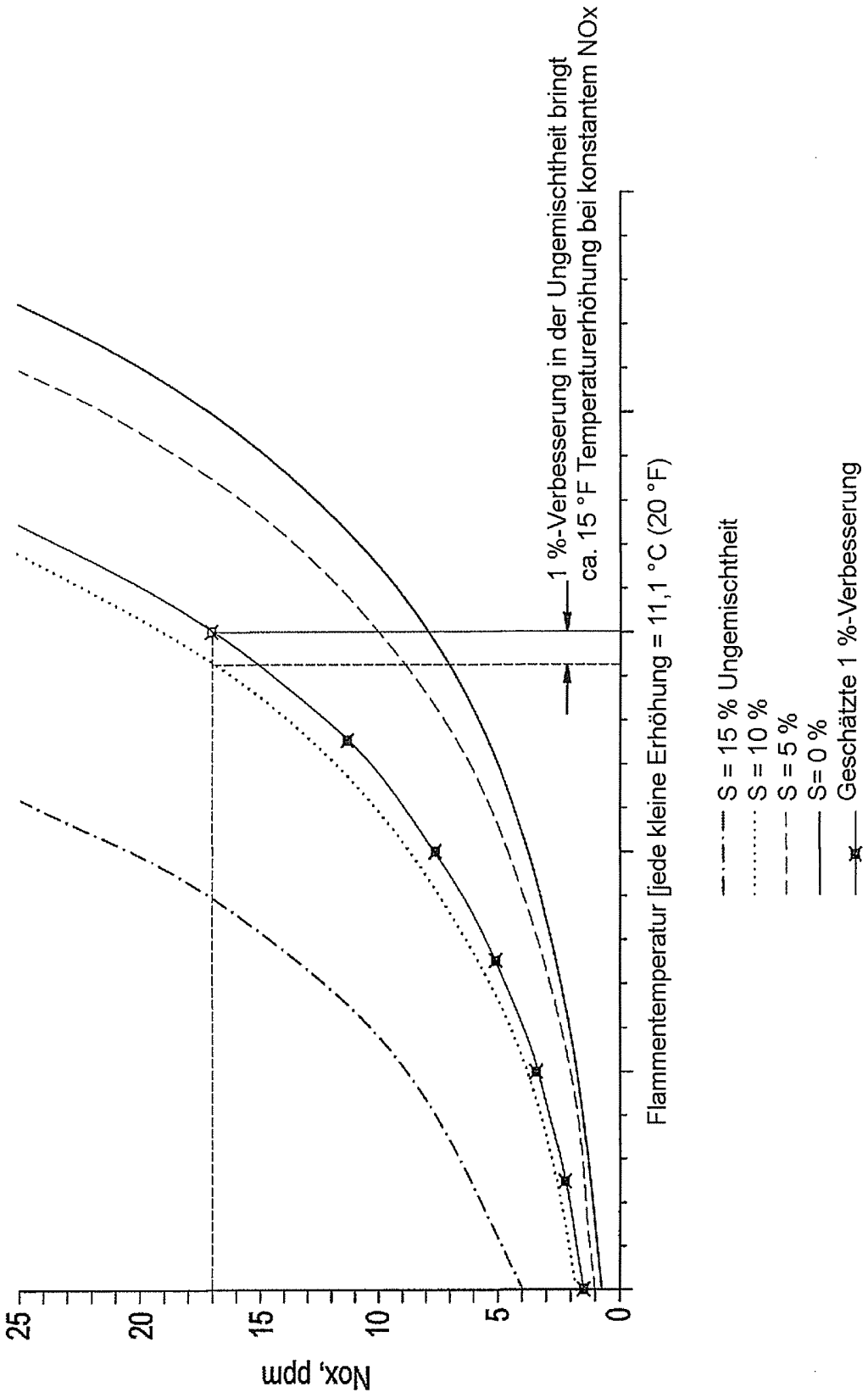
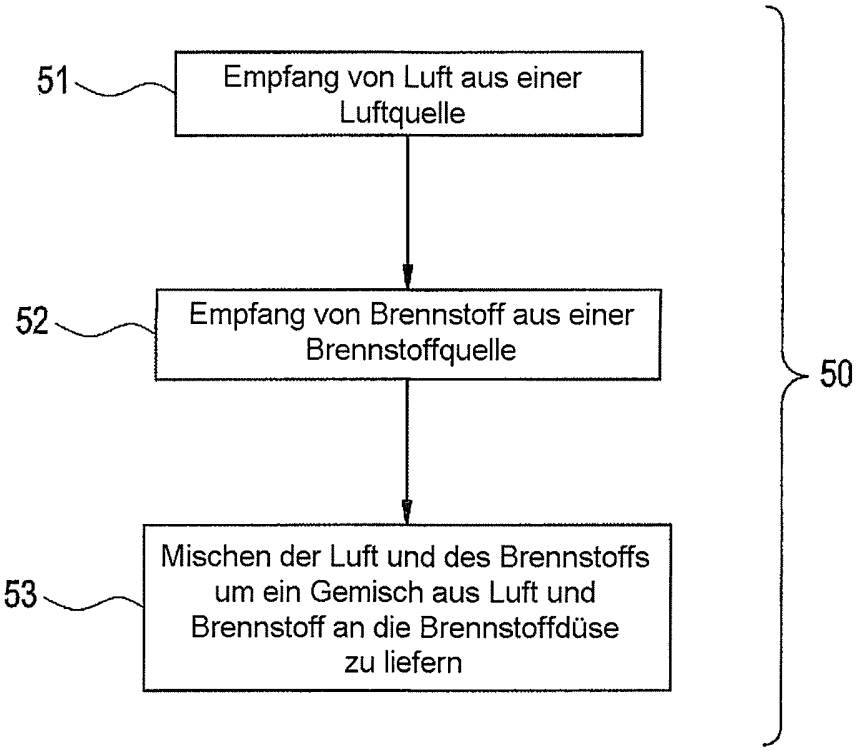

Nox, ppm
25
20
15
10
5
0
Flammentemperatur [jede kleine Erhöhung = 11,1 °C (20 °F)
1 %-Verbesserung in der Ungemischtheit bringt
ca. 15 °F Temperaturerhöhung bei konstantem NOx
S = 15 % Ungemischtheit
S = 10 %
S = 5 %
S= 0 %
Geschätzte 1 %-Verbesserung

FIG. 5


51
Empfang von Luft aus einer Luftquelle
52
Empfang von Brennstoff aus einer Brennstoffquelle
53
Mischen der Luft und des Brennstoffs um ein Gemisch aus Luft und Brennstoff an die Brennstoffdüse zu liefern
50