



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 45 566 A1** 2005.04.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 45 566.3**  
(22) Anmeldetag: **29.09.2003**  
(43) Offenlegungstag: **28.04.2005**

(51) Int Cl.7: **F02C 3/20**  
**F02C 7/22**

(71) Anmelder:  
**ALSTOM Technology Ltd, Baden, CH**

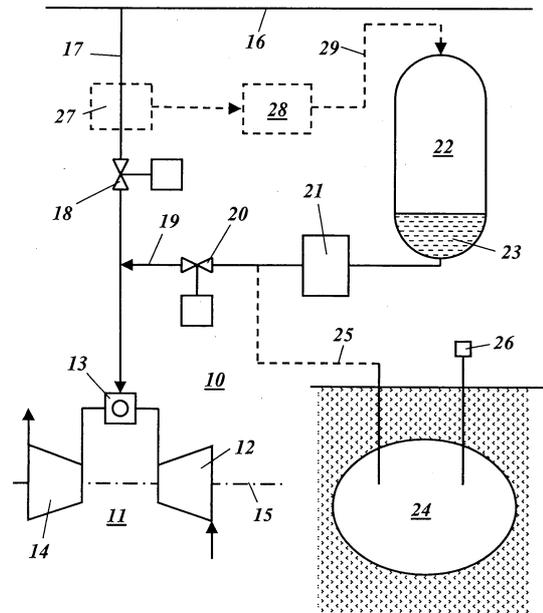
(72) Erfinder:  
**Rebhan, Dieter, 79774 Albruck, DE; Stalder, Marcel, Klingnau, CH**

(74) Vertreter:  
**Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine sowie Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (11), welche bei Vollast mit einem ersten Brennstoff betrieben wird, wird eine Verbesserung des Emissionsverhaltens bei Teillast dadurch erreicht, dass die Gasturbine (11) bei Teillast mit einem zweiten Brennstoff betrieben wird, welcher gegenüber dem ersten Brennstoff einen größeren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) mit zwei und mehr Kohlenstoffatomen pro Molekül wie z. B. Ethan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) und Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) aufweist.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Technik von Gasturbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens.

## Stand der Technik

**[0002]** Normalerweise sind bei Gasturbinen die Brenner wie z.B. der sog. EV-Brenner (Doppelkegelm Brenner; siehe dazu beispielsweise die US-A-5,081,844) und der sog. SEV-Brenner (sekundärer EV-Brenner; siehe dazu beispielsweise den Artikel von F. Joos et al. Development of the sequential combustion system for the GT24/GT26 gas turbine family, ABB Review 4, p. 4-16 (1998) oder US-A-5,454,220) für den Vollastbetrieb ausgelegt. Trotzdem kann es nötig sein, dass die Gasturbine auch mit Teillast betrieben wird, sei es, weil das Netz die erzeugte Energie nicht aufnehmen kann, oder aber die Gasturbine an- und abgefahren wird (Reparaturen, etc.). Im Teillastbetrieb ergibt sich – wenn keine besonderen Massnahmen getroffen werden – ein ungünstiges Emissionsverhalten hinsichtlich CO und NOx. Ein weiteres Problem beim Teillastbetrieb einer Gasturbine betrifft den Ausbrand der relativ kühlen Abgase in relativ kurzen Brennkammern. Kalte Gase und kurze Aufenthaltszeiten resultieren in tiefen NOx Emissionen, leider aber auch in erhöhten CO/UHC Emissionen.

**[0003]** In der eingangs genannten Druckschrift US-A-5,081,844 wird vorgeschlagen, die Emissionsprobleme bei Teillast durch eine alternierende Anordnung von kleinen und grossen Vormischbrennern zu lösen, wobei die kleinen Vormischbrenner als Pilotbrenner arbeiten. In der eingangs genannten Druckschrift US-A-5,454,220 wird diese Lösung auf Gasturbinen mit SEV-Brenner übertragen.

**[0004]** Nachteilig ist bei dieser Art der Emissionsoptimierung im Teillastbetrieb, dass in der Hauptbrennkammer die dort eingesetzten Brenner speziell konfiguriert werden müssen, um einen entsprechenden Betrieb zu ermöglichen. Bei bereits bestehenden Gasturbinen ohne spezielle Brenneranordnung kann nachträglich auf diese Weise nur schwer eine Abhilfe bei Emissionsproblemen im Teillastbetrieb geschaffen werden.

## Aufgabenstellung

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine anzugeben,

welches ohne bauliche Änderung an der Gasturbine selbst eine wesentliche Verbesserung des Emissionsverhaltens bei Teillastbetrieb erzielt, sowie eine Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 17 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, dass die Gasturbine, welche bei Vollast mit einem ersten Brennstoff betrieben wird, bei Teillast zur Verbesserung des Emissionsverhaltens mit einem zweiten Brennstoff betrieben wird, welcher gegenüber dem ersten Brennstoff einen grösseren Anteil an höhenwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) mit 2 und mehr Kohlenstoffatomen pro Molekül wie z.B. Ethan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) und Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) aufweist (die höherwertigen Kohlenwasserstoffe werden nachfolgend mit dem Kürzel C2+ bezeichnet).

**[0007]** Bevorzugt werden als erster und zweiter Brennstoff gasförmige Brennstoffe verwendet.

**[0008]** Grundsätzlich ist es dabei denkbar, dass zur Bereitstellung des ersten und der zweiten Brennstoffs zwei getrennte Gasquellen mit hinsichtlich der höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) unterschiedlicher Gaszusammensetzung verwendet werden, wobei insbesondere die beiden Brennstoffe direkt aus den Gasquellen bezogen werden, und beim Übergang zwischen Vollast und Teillast zwischen der Gasquelle mit dem geringeren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) und der Gasquelle mit dem höheren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoff (C2+) umgeschaltet wird. Alternativ dazu können die beiden Brennstoffe aber auch durch eine unterschiedliche Mischung der Gase aus den beiden Gasquellen erzeugt werden.

**[0009]** Alternativ dazu ist es möglich, dass der erste Brennstoff aus dem zweiten Brennstoff durch Abtrennung von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt wird. Besonders günstig gestaltet sich das Verfahren, wenn die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) zwischengespeichert und im Teillastbetrieb dem zweiten Brennstoff zugesetzt werden. Dabei kann es aus Platzgründen von Vorteil sein, dass die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) vor der Zwischenspeicherung verflüssigt, als Flüssiggas zwischengespeichert und vor dem Zusetzen verdampft werden.

**[0010]** Eine andere Alternative ist dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Brennstoff aus dem ersten Brennstoff durch Zusetzen von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt wird. Die zugesetzten höherwertigen Kohlenwasserstoffe können dabei einem lokalen Speicher entnommen werden, der entweder ein Flüssiggastank ist, wobei das dem Flüssiggastank entnommene Flüssiggas vor dem Zusetzen

in einem Verdampfer verdampft wird, oder ein Gasspeicher ist.

**[0011]** Weiterhin ist es möglich, dass der erste und zweite Brennstoff aus einem dritten Brennstoff erzeugt werden, welcher in seinem Gehalt an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) zwischen dem ersten und zweiten Brennstoff liegt, und dass der erste und zweite Brennstoff aus dem dritten Brennstoff durch Abtrennen bzw. Zusetzen von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt werden, wobei vorzugsweise die vom dritten Brennstoff bei der Erzeugung des ersten Brennstoffes abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) zwischengespeichert und bei Erzeugung des zweiten Brennstoffes ausgespeichert und dem dritten Brennstoff zugeetzt werden. Dabei kann es wiederum aus Platzgründen vorteilhaft sein, dass die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) vor der Zwischenspeicherung verflüssigt, als Flüssiggas zwischengespeichert und vor dem Zusetzen verdampft werden.

**[0012]** Vorzugsweise ist der Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) beim zweiten Brennstoff etwa 10% bis 30% höher ist als beim ersten Brennstoff.

**[0013]** Eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemässen Gasturbinenanlage ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur gesteuerten Veränderung der Zusammensetzung des durch die Hauptbrennstoffzuleitung strömenden Brennstoffs eine in die Hauptbrennstoffzuleitung mündende Zusatzbrennstoffzuleitung umfassen, welche mit einem höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltenden Speicher verbunden ist, wobei in der Zusatzbrennstoffzuleitung ein steuerbares Ventil zur Einstellung des durch die Zusatzbrennstoffzuleitung strömenden Gasstromes angeordnet ist.

**[0014]** Der die höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltende Speicher kann dabei als Gasspeicher ausgebildet sein. Er kann aber auch als Flüssiggasspeicher ausgebildet sein, wobei in der Zusatzbrennstoffzuleitung ein Verdampfer angeordnet ist.

**[0015]** Vorzugsweise ist in der Hauptbrennstoffzuleitung eine Gasaufbereitungsanlage angeordnet, welche aus dem durch die Hauptbrennstoffzuleitung strömenden Gas höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) abtrennt und an den höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltenden Speicher abgibt. Besonders platzsparend ist es, wenn der die höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltende Speicher als Flüssiggasspeicher ausgebildet ist, und wenn zwischen der Gasaufbereitungsanlage und dem Flüssiggasspeicher eine Gasverflüssigungsanlage angeordnet ist.

**[0016]** Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

#### Ausführungsbeispiel

#### KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

**[0017]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

**[0018]** Fig. 1 ein vereinfachtes Schema eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels einer Gasturbinenanlage nach der Erfindung, mit welcher das erfindungsgemäss Verfahren durchgeführt werden kann;

**[0019]** Fig. 2 ein vereinfachtes Schema eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels einer Gasturbinenanlage nach der Erfindung mit der zugehörigen lastabhängigen Regelung, mit welcher das erfindungsgemäss Verfahren durchgeführt werden kann; und

**[0020]** Fig. 3 in einem vergrösserten Ausschnitt die Reglerblöcke der in Fig. 2 dargestellten lastabhängigen Regelung.

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0021]** Die vorliegende Erfindung geht davon aus, dass durch Zugabe von C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> und höhermolekularen Kohlenwasserstoffen (C2+) das Emissionsverhalten der Gasturbine positiv beeinflusst wird. Speziell die CO-Emissionen können so über einen weitaus grösseren Teillastbereich als zurzeit möglich unter den zu garantierenden Emissionswerten gehalten werden. Darüber hinaus ist auch ein positiver Einfluss auf die Löschgrenze feststellbar, was sich wiederum in tieferen NO<sub>x</sub> Emissionen niederschlägt.

**[0022]** Eine dazu geeignete Gasturbinenanlage ist in einem vereinfachten Schema in Fig. 1 wiedergegeben. Die Gasturbinenanlage **10** umfasst eine Gasturbine **11**, die in üblicher Weise aus einem Verdichter **12**, einer Brennkammer und einer Turbine **14** besteht. Verdichter **12** und Turbine **14** sind auf einer gemeinsamen Welle **15** angeordnet, über die ein in Fig. 1 nicht gezeigter Generator zur Stromerzeugung angetrieben wird. Im Betrieb saugt der Verdichter **12** Luft an, verdichtet sie und speist sie in die Brennkammer **13** ein, wo sie mit einem beispielsweise gasförmigen Brennstoff vermischt und das Gemisch verbrannt wird. Die heissen Verbrennungsgase aus der Brennkammer werden in der Turbine unter Arbeitsleistung entspannt und anschliessend (z.B. in einem Abhitzedampferzeuger HRSG) weiterverwertet oder nach aussen abgegeben. Der in der Brennkammer **13** benötigte Brennstoff wird einer Brennstoffleitung **16** (z.B. einer Erdgaspipeline oder dgl.) entnommen

und über eine Hauptbrennstoffzuleitung **17** der Brennkammer **13** zugeführt. Die Zufuhr kann über eine erstes steuerbares Ventil **18** gesteuert werden.

**[0023]** In die Hauptbrennstoffzuleitung **17** mündet eine Zusatzbrennstoffzuleitung **19**, die über ein zweites steuerbares Ventil **20** und einen Verdampfer **21** mit einem Flüssiggastank **22** in Verbindung steht. In dem Flüssiggastank **22** befindet sich Flüssiggas **23** in Form von verflüssigten höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+). Der Flüssiggastank **22** kann entweder von aussen befüllt werden oder steht – wie in **Fig. 1** gestrichelt eingezeichnet ist – über eine Gasverflüssigungsanlage **28** mit einer Gasaufbereitungsanlage **27** in Verbindung. Die Gasaufbereitungsanlage **27** ist in der Hauptbrennstoffzuleitung **17** angeordnet und so ausgelegt, dass sie dem durch die Hauptbrennstoffzuleitung **17** strömenden gasförmigen Brennstoff in einem vorgegebenen Mass die höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) entziehen kann.

**[0024]** Alternativ zum Flüssiggastank **22** kann ein (z.B. unterirdischer) Gasspeicher **24** als Speicher für die höherwertigen Kohlenwasserstoffe vorgesehen sein, der über eine Füllvorrichtung **26** beispielsweise mittels eines Flüssiggastankers mit nachgeschalteter Verdampfung gefüllt werden kann.

**[0025]** Der Betrieb der Gasturbinenanlage **10** lässt sich wie folgt beschreiben: Die Gasturbine **11** wird mit dem normalerweise verfügbaren, meist gasförmigen, Brennstoff aus der Brennstoffleitung gestartet und an das Netz gefahren im sogenannten Pilotbetrieb. Sobald die Gasturbine **11** an das Netz gekoppelt ist und zunehmend Leistung ans Netz abgibt, werden dem Brennstoff höherwertige Kohlenwasserstoffe (Ethan C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, Propan C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, etc.) zugemischt. Dieser Zusatz von sog. C2+ Gas (mit 2 und mehr C-Atomen) wird aus dem Flüssiggastank **22** über den Verdampfer **21** geleitet und dem Hauptbrennstoff zugemischt. Es wird ein C2+ Gasanteil von ca. 10 bis 30% geregelt dazugegeben. Alternativ kann das C2+ Gas aus dem Gasspeicher **24** dem Brennstoff zugeregelt werden.

**[0026]** Wird nun eine entsprechend hohe Flammentemperatur erreicht, wird in den sogenannten Premixbetrieb geschaltet. Die sogenannte Umschalttemperatur, bei der in den Premixbetrieb geschaltet werden kann, ist stark davon abhängig, bei welchem (C2+)-Gasgehalt die Gasturbine **11** betrieben wird. Je höher der (C2+)-Gasgehalt ist, desto tiefer kann die Umschalttemperatur angesetzt werden. Der Vorteil dieses Betriebsverfahren ist, dass der Lastbereich mit Premixbetrieb und damit mit tiefer NOx-Emission durch die Zugabe von (C2+)-Gas stark vergrössert wird und dadurch die Gesamt-NOx-Emissionsfracht durch den Betrieb der Gasturbine **11** deutlich reduziert wird.

**[0027]** Wie bereits eingangs erwähnt, betrifft ein

weiteres Problem beim Teillastbetrieb einer Gasturbine den Ausbrand der relativ kühlen Abgase in relativ kurzen Brennkammern. Kalte Gase und kurze Aufenthaltzeiten resultieren in tiefen NOx-Emissionen, leider aber auch in erhöhten CO/UHC-Emissionen (UHC = Unburned Hydro Carbons).

**[0028]** Doch auch hier zeigt sich, dass durch die Zugabe von (C2+)-Gas zum Brennstoff der Ausbrand der Abgase beschleunigt abläuft. Trotz relativ kurzen Brennkammern mit entsprechend kurzen Verweilzeiten wird das giftige Kohlenmonoxid über einen weitaus grösseren Teillastbereich zu ungiftigem CO<sub>2</sub> reduziert.

**[0029]** Mit steigender Last nähern sich die Verbrennungstemperaturen den Vollastbetriebstemperaturen. Die Brennkammer **13**, welche für den Vollastbetrieb ausgelegt ist, hat nun genügend heisse Temperaturen, der Ausbrand von CO zu CO<sub>2</sub> läuft in einer Zeit ab, die kürzer ist als die Verweildauer der Abgase in der Brennkammer **13**. Dementsprechend kann der (C2+)-Gasgehalt im Brennstoff mit steigender Last reduziert werden, bis sich eine (C2+)-Gaszugabe aus dem Flüssiggastank **22** oder dem Gasspeicher **24** erübrigt.

**[0030]** Am einfachsten lässt sich ein Flüssiggastank **22** befüllen. Entsprechende Infrastrukturen zum Befüllen von Flüssiggasspeichern sind bekannt und müssen hier nicht weiter beschrieben werden (Zulieferung von Flüssiggas mit Tankschiff/LKW, etc.). Auch ein Gasspeicher **24** kann mit Flüssiggas beliefert werden. Vor der Beschickung des Gasspeichers **24** über die Füllvorrichtung **26** wird das Flüssiggas über einen Verdampfer in den gasförmigen Zustand zurückgeführt

**[0031]** Es ist bei einer Gasturbinenanlage **10** gemäss **Fig. 1** aber auch eine andere Vorgehensweise denkbar: Erdgase als Hauptbrennstoffe für Gasturbinen enthalten unterschiedlichste Zusammensetzungen, je nach dem Ort, wo sie gefördert werden. Jedes Gas zeigt entsprechend seiner Herkunft und Zusammensetzung ein unterschiedliches Brennverhalten und nicht alle 'Gastypen' können gleich verbrannt werden. Entsprechende Vorschriften verlangen andererseits, dass die Emissionen über entsprechend grösstmögliche Betriebsbereiche in engen Grenzen gehalten werden.

**[0032]** Diese Forderung kann nicht eingehalten werden, wenn unterschiedliche Gase in gleicher Weise verbrannt werden. Umgekehrt aber ist es möglich, für ein genau definiertes Gas das Verbrennungssystem optimal auszulegen und zu betreiben. Entsprechend muss aber dafür gesorgt werden, dass das zu verbrennende Gas der zugrunde gelegten Definition für den Auslegungspunkt entspricht. Dies ist mittels einer Aufbereitung des Brennstoffgases zu bewerkstel-

ligen. In der Hauptbrennstoffzuleitung **17** zur Gasturbine **11** ist dazu eine Gasaufbereitungsanlage **27** eingebaut (gestrichelt in **Fig. 1**), welche dafür sorgt, dass ein der Spezifikation entsprechendes Brennstoffgas der Gasturbine **11** zugeführt wird. Ein Zuviel an (C2+)-Gasen wird im Vollastbetrieb der Gasturbine **11** dem Gas entzogen, in einer Gasverflüssigungsanlage **28** verflüssigt und über eine Füllleitung **29** im Flüssiggastank **22** zwischengelagert, solange bis die Gasturbine **11** im Teillastbereich betrieben wird/werden muss und anstelle eines (C2+)-Überschusses ein (C2+)-Mangel kompensiert werden muss. Das entzogene Gas kann aber auch über eine Zuleitung **25** einem geeignet ausgelegten unterirdischen Gasspeicher **24** zugeführt werden. Während des entsprechenden Teillastbetriebes wird der Gasspeicher **24** oder der Flüssiggastank **22** entladen. Entsprechend den zu erwartenden Teillaststunden, Vollaststunden und Gaszusammensetzungen ist eine ausreichende Größe des Zwischenspeichers **22, 24** zu wählen.

**[0033]** Werden verschiedene Gasquellen mit unterschiedlichen Gaszusammensetzungen zum Betrieb der Gasturbine verwendet, ist es weiterhin möglich, dass die Zwischenspeicher (Flüssiggastank oder Gasspeicher) kleiner gewählt werden. Während des Teillastbetriebes wird bei leeren Zwischenspeichern mit dem (C2+)-reicheren Brennstoffgas die Gasturbine betrieben, bei Vollast (oder entsprechend hoher Teillast) wird auf die (C2+)-ärmere Gasquelle umgeschaltet oder aber es wird bei Vollast mit dem C2+ reichen Gas die Gasturbine betrieben und über eine Gasaufbereitungsanlage wiederum überschüssiges (C2+)-Gas separiert und dem Zwischenspeicher zugeführt. Beim Betrieb mit zwei Gasquellen kann es zudem mitunter vorteilhaft sein, wenn die zwei Gase in einem bestimmten Verhältnis gemischt und der Gasturbine zugeführt werden, entsprechend dem gerade benötigten (C2+)-Gehalt, um den jeweiligen Betriebspunkt optimal (tiefe CO- und tiefe NOx-Emissionen) fahren zu können.

**[0034]** Eine mit zwei Gasquellen arbeitende Gasturbinenanlage ist in **Fig. 2** beispielhaft wiedergegeben. Die Gasturbinenanlage **30** der **Fig. 2** umfasst eine Gasturbine **31** mit einem Verdichter **32**, zwei Brennkammern **35** und **36**, einer dazwischen angeordneten ersten Turbine **33** und einer zweiten Turbine **34**. Die Turbinen **33, 34** und der Verdichter **32** sind auf einer gemeinsamen Welle **37** angeordnet, die einen Generator **38** antreibt. Die Konfiguration entspricht der in der US-A-5,454,220 gezeigten. Die Brennkammern **35, 36** werden jeweils über eine Hauptbrennstoffzuleitung **51, 52** aus zwei Gasquellen in Form von zwei Gaspipelines GPI und GPII mit gasförmigen Brennstoffen versorgt. In einer vorgeschalteten Mischeinrichtung **46** mit zwei Regelventilen **47, 48** kann eine vorgegebene Mischung beider Brennstoffe hergestellt oder von einem auf den anderen Brennstoff um-

gestellt werden. In einer nachfolgenden Gasaufbereitungsanlage **45** können (C2+)-Anteile abgetrennt und über einen Verdichter **42** in einem Speicher **43** eingespeichert werden. Der so aufbereitete Brennstoff wird in einem Verdichter **41** komprimiert und über die beiden Hauptbrennstoffzuleitungen **51, 52** zu den Brennkammern **35, 36** geführt. An jeder der beiden Hauptbrennstoffzuleitungen **51, 52** können über eine Zusatzbrennstoffzuleitung **53, 54** und ein System von Rückschlagventilen **40a, ..., d** und Regelventilen CV3, CV4 höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) aus dem Speicher **43** zugesetzt werden. Der Brennstoffmassenstrom in der jeweiligen Hauptbrennstoffzuleitung **51, 52** lässt sich durch ein Regelventil CV1 bzw. CV2 steuern. Der Speicher **43** kann auch durch eine Füllstation **44** extern befüllt werden.

**[0035]** Die Regelung der verschiedenen in **Fig. 2** eingezeichneten und an den jeweiligen Orten gemessenen Brennstoffmassenströme ( $\dot{m}_x$ ,  $x = I, II, 1, 2, CV1, \dots, CV4; C2+ext, Res$ ) erfolgt durch einen Lastregler **39** nach Massgabe der vom Netz angeforderten Leistung bzw. Last über zwei Regeleinrichtungen **49, 50**, die einerseits über die Regelventile CV1 und CV2 den gesamten Brennstoffmassenstrom pro Brennkammer **35, 36** regeln, und andererseits über die Regelventile CV3 und CV4 die Zugabe von (C2+)-Anteilen zum Brennstoff steuern. Die zugehörigen beispielhaften Regelkurven sind in der vergrößerten Darstellung der Regeleinrichtungen **49, 50** in **Fig. 3** eingezeichnet. Dabei gelten die folgenden Beziehungen:

$$\dot{m}_{CV1} = f(\text{Last})$$

$$\dot{m}_{CV2} = f(\text{Last})$$

$$\dot{m}_I + \dot{m}_{II} - \dot{m}_{C2+ext} = \dot{m}_{CV1} + \dot{m}_{CV2}$$

$$\dot{m}_{Res} = \dot{m}_{C2+ext} - \dot{m}_{CV3} - \dot{m}_{CV4}$$

$$m_{Res} = \int \dot{m}_{Res} \cdot dt.$$

#### Bezugszeichenliste

<b>10,30</b>	Gasturbinenanlage
<b>11,31</b>	Gasturbine
<b>12,32</b>	Verdichter
<b>13,35,36</b>	Brennkammer
<b>14,33,34</b>	Turbine
<b>15, 37</b>	Welle
<b>16</b>	Brennstoffleitung
<b>17,51,52</b>	Hauptbrennstoffzuleitung
<b>18,20</b>	Ventil
<b>19,53,54</b>	Zusatzbrennstoffzuleitung
<b>21</b>	Verdampfer
<b>22</b>	Flüssiggastank
<b>23</b>	Flüssiggas
<b>24</b>	Gasspeicher
<b>25</b>	Zuleitung

26	Füllvorrichtung
27,45	Gasaufbereitungsanlage
28	Gasverflüssigungsanlage
29	Füllleitung
38	Generator
39	Lastregler
40a,...,d	Rückschlagventil
41,42	Verdichter
43	Speicher
44	Füllstation
46	Mischeinrichtung
47,48	Regelventil
49,50	Regeleinrichtung
CV1,...,CV4	Regelventil
GPI,GPII	Gaspipeline

### Patentansprüche

- Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (**11, 31**), welche bei Volllast mit einem ersten Brennstoff betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasturbine (**11, 31**) bei Teillast zur Verbesserung des Emissionsverhaltens mit einem zweiten Brennstoff betrieben wird, welcher gegenüber dem ersten Brennstoff einen grösseren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) mit 2 und mehr Kohlenstoffatomen pro Molekül wie z.B. Ethan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) und Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) aufweist.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als erster und zweiter Brennstoff gasförmige Brennstoffe verwendet werden.
- Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bereitstellung des ersten und der zweiten Brennstoffs zwei getrennte Gasquellen (GPI, GPII) mit hinsichtlich der höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) unterschiedlicher Gaszusammensetzung verwendet werden.
- Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Brennstoffe direkt aus den Gasquellen (GPI, GPII) bezogen werden, und dass beim Übergang zwischen Volllast und Teillast zwischen der Gasquelle mit dem geringeren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) und der Gasquelle mit dem höheren Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoff (C2+) umgeschaltet wird.
- Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Brennstoffe durch eine unterschiedliche Mischung der Gase aus den beiden Gasquellen (GPI, GPII) erzeugt werden.
- Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Brennstoff aus dem zweiten Brennstoff durch Abtrennung von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt wird.
- Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) zwischengespeichert und im Teillastbetrieb dem zweiten Brennstoff zugesetzt werden.
- Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) vor der Zwischenspeicherung verflüssigt, als Flüssiggas zwischengespeichert und vor dem Zusetzen verdampft werden.
- Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Brennstoff aus dem ersten Brennstoff durch Zusetzen von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt wird.
- Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zugesetzten höherwertigen Kohlenwasserstoffe einem lokalen Speicher (**22, 24, 43**) entnommen werden.
- Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der lokale Speicher ein Flüssiggastank (**22**) ist, und dass das dem Flüssiggastank (**22**) entnommene Flüssiggas vor dem Zusetzen in einem Verdampfer (**21**) verdampft wird.
- Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der lokale Speicher ein Gasspeicher (**24**) ist.
- Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Brennstoff aus einem dritten Brennstoff erzeugt werden, welcher in seinem Gehalt an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) zwischen dem ersten und zweiten Brennstoff liegt, und dass der erste und zweite Brennstoff aus dem dritten Brennstoff durch Abtrennen bzw. Zusetzen von höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) erzeugt werden.
- Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die vom dritten Brennstoff bei der Erzeugung des ersten Brennstoffes abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) zwischengespeichert und bei Erzeugung des zweiten Brennstoffes ausgespeichert und dem dritten Brennstoff zugesetzt werden.
- Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die abgetrennten höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) vor der Zwischenspeicherung verflüssigt, als Flüssiggas zwischengespeichert und vor dem Zusetzen verdampft werden.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) beim zweiten Brennstoff etwa 10% bis 30% höher ist als beim ersten Brennstoff.

17. Gasturbinenanlage (**10, 30**) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend eine Gasturbine (**11, 31**) mit einem Verdichter (**12, 32**) wenigstens einer Brennkammer (**13, 35, 36**) und wenigstens einer Turbine (**14, 33, 34**), sowie einer Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**), welche von einer Brennstoffquelle (**16, GPI, GPII**) zu der wenigstens einer Brennkammer (**13, 35, 36**) führt, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**19, ..., 29; 43, ..., 45; 46, ..., 48; CV3, CV4; 53, 54**) zur gesteuerten Veränderung der Zusammensetzung des durch die Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**) strömenden Brennstoffs vorgesehen sind.

18. Gasturbinenanlage nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel eine in die Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**) mündende Zusatzbrennstoffzuleitung (**19, 53, 54**) umfassen, welche mit einem höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltenden Speicher (**22, 24, 43**) verbunden ist.

19. Gasturbinenanlage nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass in der Zusatzbrennstoffzuleitung (**19, 53, 54**) ein steuerbares Ventil (**20; CV3, CV4**) zur Einstellung des durch die Zusatzbrennstoffzuleitung (**19, 53, 54**) strömenden Gasstromes angeordnet ist.

20. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltende Speicher als Gasspeicher (**24**) ausgebildet ist.

21. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltende Speicher als Flüssiggasspeicher (**22**) ausgebildet ist, und dass in der Zusatzbrennstoffzuleitung (**19**) ein Verdampfer (**21**) angeordnet ist.

22. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass in der Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**) eine Gasaufbereitungsanlage (**27, 45**) angeordnet ist, welche aus dem durch die Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**) strömenden Gas höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) abtrennt und an den höherwertigen Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltenden Speicher (**22, 24, 43**) abgibt.

23. Gasturbinenanlage nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der höherwertige Kohlenwasserstoffe (C2+) enthaltende Speicher als Flüssiggasspeicher (**22**) ausgebildet ist, und dass zwischen der Gasaufbereitungsanlage (**27**) und dem Flüssiggasspeicher (**22**) eine Gasverflüssigungsanlage (**28**) angeordnet ist.

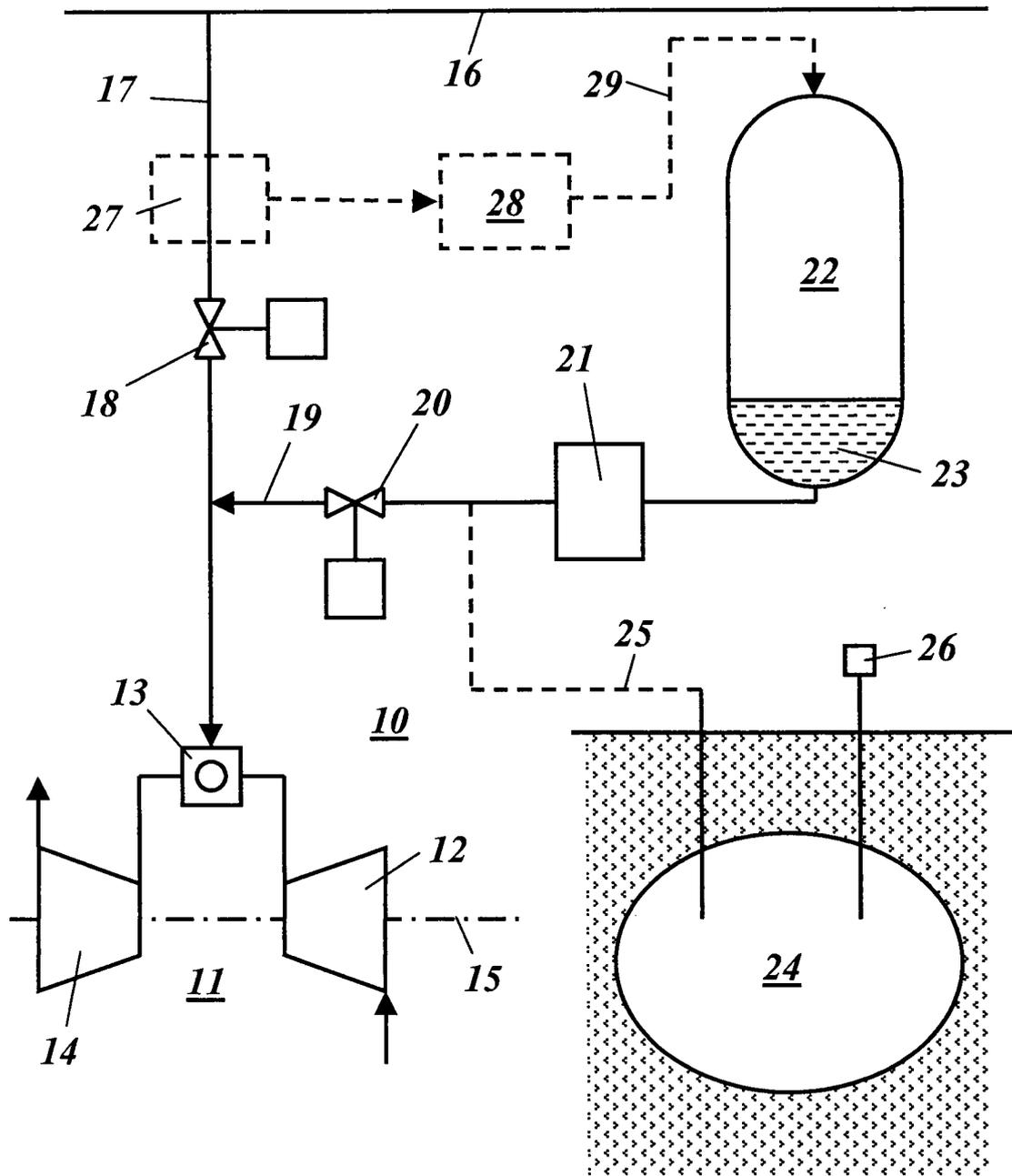
24. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche

17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass ein Lastregler (**39**) vorhanden ist, welcher die Veränderung der Zusammensetzung des durch die Hauptbrennstoffzuleitung (**17, 51, 52**) strömenden Brennstoffs nach Massgabe der geforderten Gasturbinenleistung regelt.

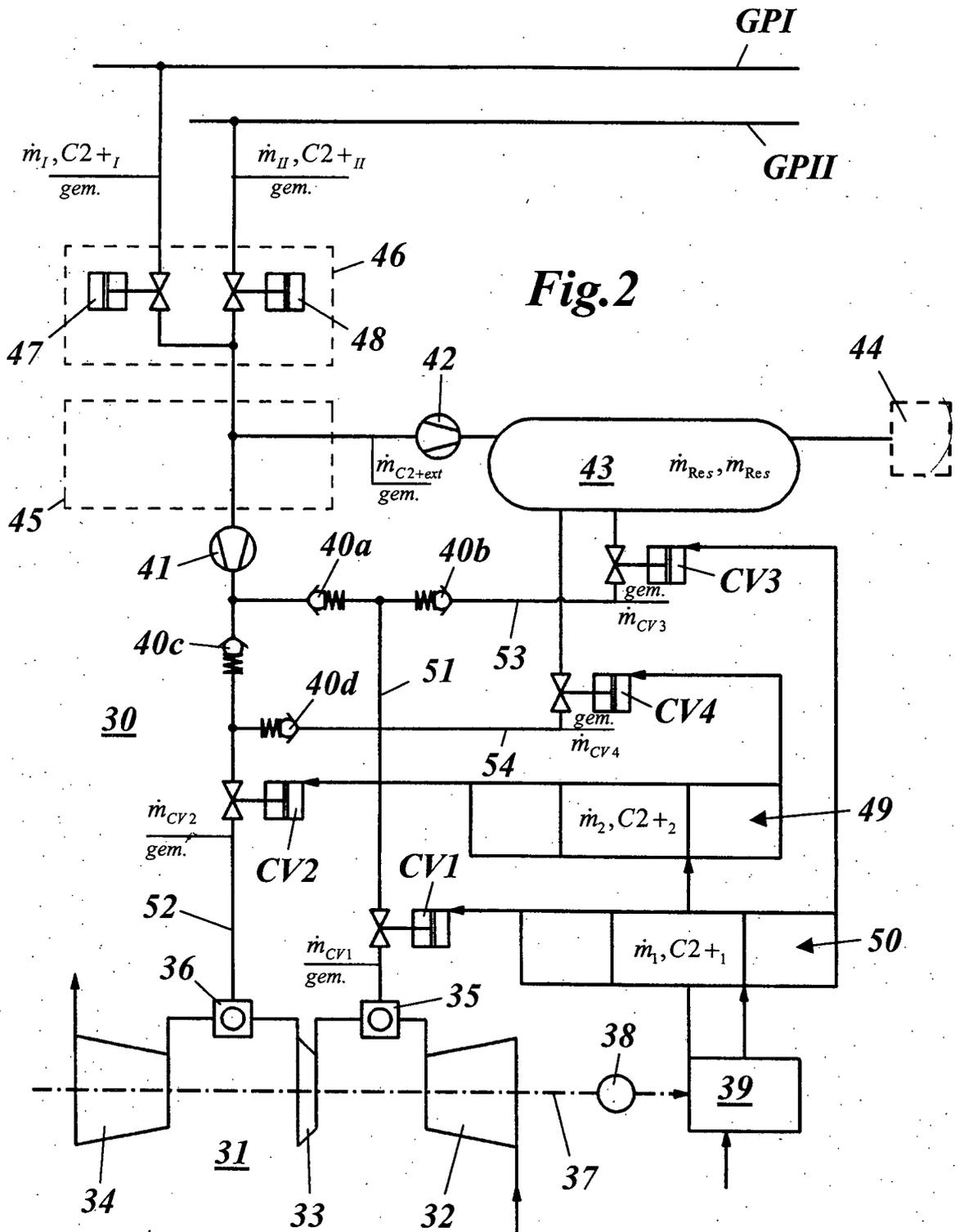
25. Gasturbinenanlage nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptbrennstoffzuleitung (**52, 52**) wahlweise mit zwei Brennstoffquellen (GPI, GPII) mit einem unterschiedlichen Gehalt an höherwertigen Kohlenwasserstoffen (C2+) verbindbar ist.

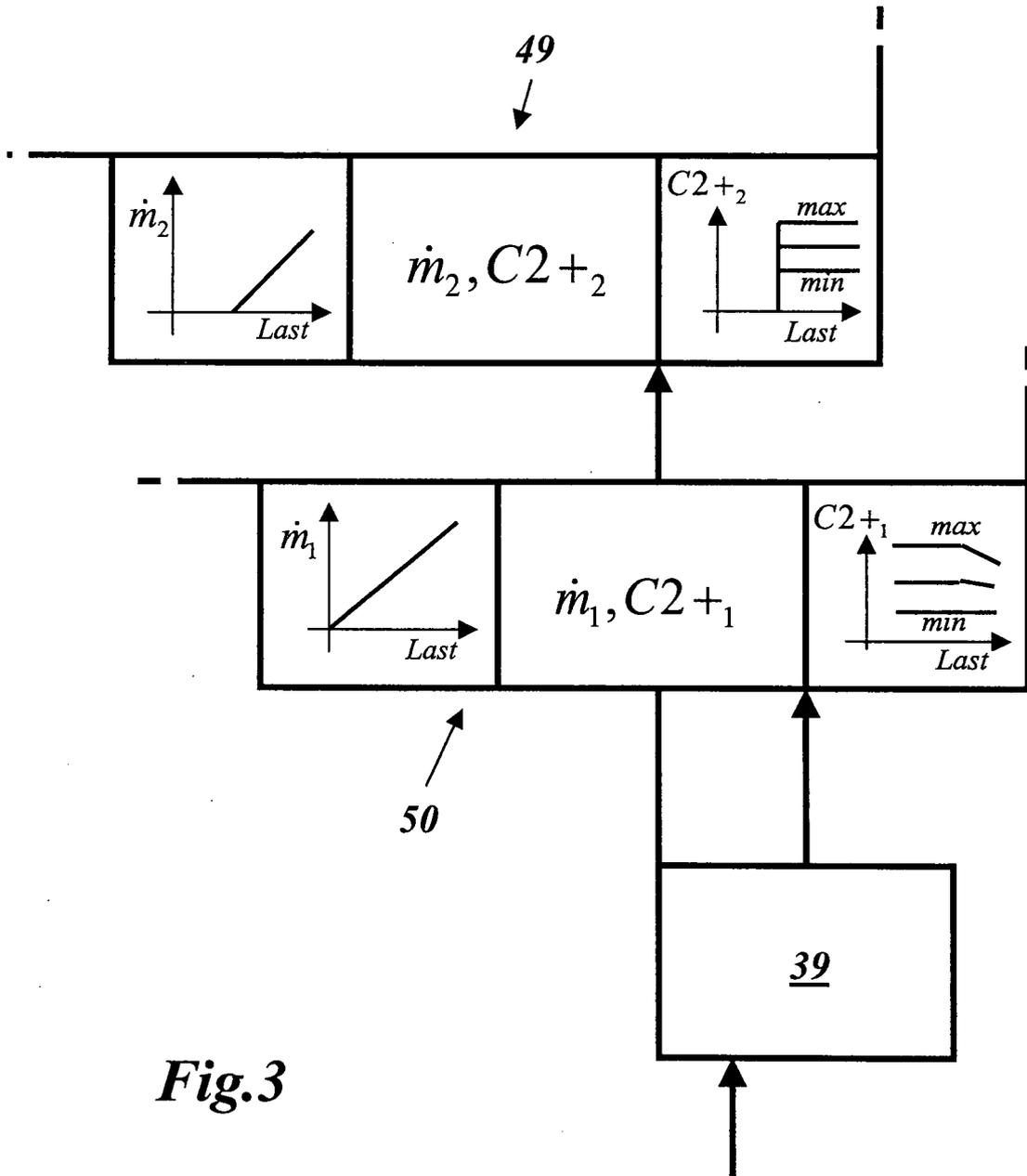
26. Gasturbinenanlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Verbinden eine Mischeinrichtung (**46**) vorgesehen ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



**Fig.1**





**Fig.3**