

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 790 466 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
20.08.1997 Patentblatt 1997/34

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F23R 3/34, F23R 3/28

(21) Anmeldenummer: 96118560.0

(22) Anmeldetag: 20.11.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: 16.02.1996 DE 19605736

(71) Anmelder:  
MAN Gutehoffnungshütte Aktiengesellschaft  
46145 Oberhausen (DE)

(72) Erfinder:  
• Bauermeister, Kurt, Dr.-Ing.  
45478 Mülheim a.d. Ruhr (DE)  
• Brodmann, Michael, Dr.-Ing.  
46569 Hünxe (DE)  
• Küper, Peter, Dipl.-Ing.  
45964 Gladbeck (DE)  
• Moroni, Jürgen, Dipl.-Ing.  
46049 Oberhausen (DE)  
• Weibel, Hans, Dipl.-Ing.  
47608 Geldern (DE)

#### (54) Verfahren zur Schnellumschaltung vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb in einer Brennkammer einer mit Brenngas betriebenen Gasturbine

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schnellumschaltung vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb in Brennkammern (9, 10) einer Gasturbine bei Verlöschen der Vormischflamme bzw. bei Auftreten einer Störung, die zum Verlöschen der Vormischflamme führen kann.

Von der Brenngaszufuhrleitung (13) zweigt vor dem Brenngasventil (1) eine Pilotgasleitung (14) ab, in die ein Pilotgasregelventil (2) eingesetzt ist.

Die Brenngaszufuhrleitung (13) verzweigt sich nach dem Brenngasregelventil (1) mit Wegmessung (Z) (4) in Brennstoffzufuhrleitungen (15, 16) für beide Brennkammern (9, 10). Durch den Einbau von je einem

Schnellumschaltventil (B) mit Servoventilen  $V_1, V_2$  (7) in die sich verzweigenden Brennstoffzufuhrleitungen (13) wird die Brennstoffzufuhr zur Diffusionsgasleitung (15) und zur Vormischgasleitung (16) gesteuert.

Die Überwachung der Brennkammern (9, 10) erfolgt im Bereich des Flammrohres (17) durch Druckmessgeräte  $P_1, P_2$  (5) und durch optische Flammüberwachungen  $B_1, B_2$  (6).

Der Wegaufnehmer (Z) (4), die Überwachungsgeräte  $P_1, P_2$  (5),  $B_1, B_2$  (6) und die Servoventile ( $V_1, V_2$ ) (7) der Schnellumschaltventile (3) sind mit einer Ansteuerlogik für Schnellumschaltung (8) verdrahtet.

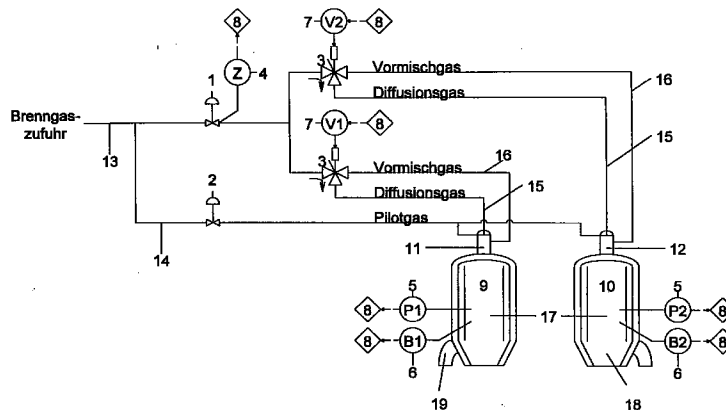


Fig. 1

EP 0 790 466 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schnellumschaltung vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb in Gasturbinen mit mindestens einer Brennkammer mit gleichzeitiger Ansteuerung der Diffusions- und Vormischstellventile in den Brenngasversorgungsleitungen, d. h. Öffnen des Diffusionsgasweges und gleichzeitiges Schließen des Vormischgasweges eines Brenners bei schneller Lastabsenkung und Verlöschen der Vormischflamme.

Beim  $\text{NO}_x$ -armen Betrieb von Gasturbinen mit einer oder auch mehreren Brennkammern werden Brenngas und Luft in einem Mischsystem, einem Vormischbrenner, möglichst homogen gemischt. So werden in der Flamme Zonen stöchiometrischer Verbrennung mit entsprechend hohen Temperaturen vermieden und damit die Bildung von  $\text{NO}_x$  weitgehend unterbunden.

Ein solcher Brenner läßt sich sowohl im sogenannten Diffusions- als auch im Vormischbetrieb fahren. Im Diffusionsbetrieb existieren in der Flamme auch Zonen mit stöchiometrischer Verbrennung und damit hoher Temperatur, die zur  $\text{NO}_x$ -Bildung führen. Beim Start der Gasturbine arbeitet der Brenner als Diffusionsbrenner und wird, sobald die Gasturbine eine bestimmte Leistung erreicht hat, in den Betrieb als Vormischbrenner umgeschaltet. Die Vormischflamme wird durch eine kleine Pilotflamme stabilisiert. Gasturbinen werden beispielsweise zum Antrieb von Pipelineverdichtern und Generatoren eingesetzt.

Bei sprungförmigen Lastabsenkungen (Verdichterpumpen, Generator-Lastabschaltung usw.) schließt das Brenngasregelventil sehr schnell, um ein Ansteigen der Turbinendrehzahl zu verhindern.

Das bedeutet, daß bei vorerst nahezu gleichbleibender Gasgeneratorluftmenge die Brennstoffversorgung drastisch reduziert wird, wodurch das Luft-Brennstoffverhältnis steigt und das Gemisch noch magerer wird.

Geschieht dies im Diffusionsbetrieb, d. h. mit einer Diffusionsflamme, so ist das unkritisch, da die Flamme nicht verlöscht. Im Vormischbetrieb jedoch kann die an sich schon magere Flamme bei einem noch magerer werdenden Gemisch verlöschen und danach wieder unkontrolliert zurückzünden.

Die Wiederzündung erfolgt entweder durch die noch brennende Pilotgasflamme oder durch heiße Teile in der Brennkammer bzw. im Heißgasbereich der Gasturbine. Dieses Wiederzünden erfolgt unkontrolliert und geschieht in Form einer Verpuffung oder auch Detonation.

Aus der DE 32 41 162 ist ein Vormischbrenner mit integriertem Diffusionsbrenner bekannt, wobei der Vormischbrenner eine am stromabwärtigen Ende durch einen Flammenhalter begrenzte Vormischkammer besitzt, in die eine Haupt-Brennstoffdüse einmündet und wobei der Diffusionsbrenner eine Pilot-Brennstoffdüse besitzt. Die gesamte Zufuhr der Verbrennungsluft erfolgt über eine in die Vormischkammer einmündende

Zufuhreinrichtung.

Eine Brennstoffregleinrichtung regelt die Brennstoffzufuhr derart, daß sich beim Anfahren ein reiner Diffusionsbrenner-Betrieb, danach ein Diffusionsbrenner- und Vormischbrenner-Betrieb und im oberen Lastbereich ein Vormischbrenner-Betrieb einstellt.

Die Brennstoffregleinrichtung, welche mit einem Lastsignal beaufschlagt wird, regelt dabei den Durchfluß durch das Brennstoffregelventil über entsprechende Ansteuerleitungen.

Als Brennstoffregelventile werden hier sogenannte Zwei-Wege-Ventile verwendet, die die Brennstoffzufuhr zwischen einer min. und max. Durchflußmenge regeln. Regelvorrichtungen, die eine Schnellumschaltung bei instabilem Betrieb ermöglichen, sind hier jedoch nicht angeordnet.

Bekannt ist darüber hinaus ein Verfahren, bei dem Brennkammer und Brenner bei Lastsprüngen oder Lastabwurf, die Gasturbine arbeit als Generatorantrieb, von Vormisch- in Diffusionsbetrieb umschaltet. Zur Erkennung dieser transienten Betriebsvorgänge wird der Drehzahlgradient der Gasturbine herangezogen. Erkennt dieses Kriterium einen Lastsprung, werden die Diffusionsstellventile geöffnet und die Vormischstellventile gleichzeitig geschlossen. Die Stellzeit der Ventile beträgt 5 Sekunden. Bei einem Lastabwurf wird über ein 2/2 Wegeventil mit einer Stellzeit von ca. 150 ms die Pilotgasmenge erhöht und eine sogenannte Schnellumschaltung durchgeführt.

Nachteilig bei diesem Regelverfahren ist, daß

- eine erloschene Vormischflamme im Vormischbetrieb rückzündet und damit die Gefahr einer Verpuffung oder Detonation besteht und
- daß während der gleichzeitigen Umschaltung der Stellventile auf die Flammen kein Einfluß genommen werden kann. Die Vormischflamme kann innerhalb dieser Zeit trotz Erhöhung der Stützwirkung durch die Pilotflamme verlöschen, rückzünden oder eine Verpuffung hervorrufen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Regelverfahren für eine Schnellumschaltung vom Vormisch- auf Diffusionsbetrieb zu schaffen, um Brennstoffverpuffungen und Detonationen in der Brennkammer bzw. im Heißgasbereich beim Vormischbetrieb, verbunden mit einem unkontrollierten Rückzünden der Vormischflamme, zu unterbinden.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt in der Weise wie es im Patentanspruch 1 und 3 angegeben ist. Die jeweiligen Unteransprüche stellen eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung dar.

Um Druckstöße aufgrund von Verpuffungen und Instabilitäten der Vormischflamme zu vermeiden, werden erfindungsgemäß Schnellumschaltventile in die Vormischgasleitung mit Verbindung zum Diffusionsgasbrenner eingebaut, die bei Erkennen eines solchen Vorganges - Verlöschen der Vormischflamme bzw. auf

Auftreten einer Störung, die zum Verlöschen der Vormischflamme führen kann -, innerhalb von ca. 100 ms vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb umschaltet, so daß ein unkontrolliertes Rückzünden der Vormischflamme ausgeschlossen wird.

Für die Erkennung bzw. Detektion dieser Flammeninstabilität und Auslösung der Schnellumschaltung wurden drei Umschaltkriterien ermittelt und auf ihre Wirksamkeit hin getestet. Diese Umschaltkriterien lösen eine Schnellumschaltung aus, falls

- das Brenngasregelventil schnell um einen gewissen Betrag schließt,
- oder ein schneller Druckabfall um einen gewissen Betrag im Inneren des Flammrohres zu verzeichnen ist,
- oder die optische, schnelle Flammenüberwachung ein Verlöschen der Vormischflamme meldet.

Durch Anordnung eines extrem schnell schaltendes 3/2-Wege-Ventiles in der Brenngaszufuhrleitung zu der(n) Brennkammer(n) kann die zur Verbrennung anstehende Brenngasmenge innerhalb von ca. 100 ms von der Vormischgaszuleitung zur Diffusionsgasleitung und somit zum Diffusionsbrenner geleitet werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand von zwei schematischen Regelschemen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Regelverfahren für zwei Brennkammern mit je einem Brenner,

Fig. 2 ein Regelschema der Ansteuerlogik einer Schnellumschaltung.

Fig. 1 zeigt das erfindungsgemäße Regelverfahren einschließlich der zugehörigen Vorrichtungen zum Betreiben einer Gasturbine mit zwei Brennern (11, 12) an den Brennkammern (9, 10). Die Brennkammern (9, 10) sind im oberen Teil als Flammrohr (17) und im unteren Teil als Mischrohr (18) mit dem Eintrittskrümmern (19) für die Zuführung von Verdichter- bzw. Verbrennungsluft ausgebildet. Brenngas wird den Brennern (11, 12) über eine Brenngaszufuhrleitung (13) zugeführt. Vor dem Brenngasregelventil (1) mit dem Wegaufnehmer (Z) (4) zweigt eine Pilotgasleitung (14) ab, in der die Brennstoffzufuhr durch ein Pilotgasregelventil (2) geregelt wird.

Die Brenngaszufuhrleitung (13) verzweigt sich nach dem Brenngasregelventil (1, 4) in Brennstoffzufuhrleitungen für beide Brennkammern (9, 10). Durch den Einbau von je einem Schnellumschaltventil (3) mit Servoventilen  $V_1, V_2$  (7) in die sich verzweigende Brennstoffzufuhrleitungen (13) wird die Brennstoffzufuhr zur Diffusionsgasleitung (15) und zur Vormischgasleitung (16) gesteuert.

Die Überwachung der Brennkammern (9, 10)

erfolgt im Bereich des Flammrohres (17) durch Druckmessgeräte  $P_1, P_2$  (5) und durch eine optische Flammenüberwachung  $B_1, B_2$  (6).

Der Weggeber bzw. Wegaufnehmer (Z) (4), die Überwachungsgeräte (5) für eine Druckmessung  $P_1, P_2$ , die Überwachungsgeräte für eine optische Flammenüberwachung  $B_1, B_2$  (6) und die Servoventile (Z) (7) der Schnellumschaltventile (3) sind mit einer Ansteuerlogik für Schnellumschaltung (8) verdrahtet.

Fig. 2 zeigt den Aufbau der Ansteuerlogik einer Schnellumschaltung (8), die bei zwei Brennern insgesamt drei Umschaltkriterien von Vormisch- auf Diffusionsbetrieb enthält. Weitere Umschaltkriterien können bei Bedarf hinzugefügt werden.

Umschaltkriterium 20 ist die Wegmessung (Z) (4) des Brenngasventiles (1), Umschaltkriterium 21 ist die Druckmessung  $P_1, P_2$  (5) im Flammrohr (17) und Umschaltkriterium 22 ist die optische Flammenüberwachung  $B_1, B_2$  (6) im Flammrohr (17) der Brennkammer (9, 10).

Die Ansteuerlogik der Schnellumschaltung (8) bewirkt sofort nach Auswerten der eingegebenen Meßergebnisse für die Umschaltkriterien 20 und 21 bzw. für alle drei Umschaltkriterien 20, 21 und 22 eine parallele Ansteuerung der Servoventile  $V_1, V_2$  (7) für die Schnellumschaltventile (3), die innerhalb von ca. 100 ms die Brenngasmenge von der Vormischgasleitung (16) in die Diffusionsgasleitung (15) umleiten.

30 Bezugsziffernliste:

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Brenngasregelventil                                    |
| 2  | Pilotgasregelventil                                    |
| 3  | Schnellumschaltventil                                  |
| 4  | Wegaufnehmer, Wegmessung                               |
| 5  | Druckmessung Brennkammer $P_1, P_2$                    |
| 6  | Optische Flammenüberwachung der Brennkammer $B_1, B_2$ |
| 7  | Servoventile $V_1, V_2$                                |
| 8  | Ansteuerlogik Schnellumschaltventile                   |
| 9  | Brennkammer 1  |
| 10 | Brennkammer 2  |
| 11 | Brenner 1  |
| 12 | Brenner 2  |
| 13 | Brenngaszufuhrleitung                                  |
| 14 | Pilotgasleitung  |
| 15 | Diffusionsgasleitung                                   |
| 16 | Vormischgasleitung                                     |
| 17 | Flammrohr  |
| 18 | Mischrohr  |
| 19 | Verdichterluft-Eintrittskrümmern                       |
| 20 | Umschaltkriterium "Wegmessung Brenngasregelventil"     |
| 21 | Umschaltkriterium "Druckmessung"                       |
| 22 | Umschaltkriterium "Flammenüberwachung"                 |

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Schnellumschaltung vom Vormisch-

betrieb in den Diffusionsbetrieb in Gasturbinen mit mindestens einer Brennkammer und mit gleichzeitiger Ansteuerung des Diffusions- und Vormischstellventiles in den Brenngasversorgungsleitungen, d. h. Öffnen des Diffusionsgasweges und gleichzeitiges Schließen des Vormischgasweges des Brenners bei schneller Lastabsenkung und Verlöschen der Vormischflamme, dadurch gekennzeichnet,

daß bei einem frühzeitigen Erkennen eines transienten Vorganges, der zum Verlöschen einer Vormischflamme führen könnte, das Umschaltkriterium 20 und bei einem frühzeitigen Erkennen des Verlöschens einer Vormischflamme das Umschaltkriterium 21 das Umschalten vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb einleitet, wozu beim Umschaltkriterium 20 die Wegmessung (Z) des Brenngasregelventiles in der Brenngaszufuhrleitung und beim Umschaltkriterium 21 die Druckmessung (P) in der(n) Brennkammer(n) auf eine Ansteuerlogik für Schnellumschaltung ständig übertragen werden, daß die Ansteuerlogik für eine Schnellumschaltung die eingegebenen Meßwerte ständig mittels der eingegebenen Kriterien überprüft und bei Erfüllung des Umschaltkriteriums 20 oder des Umschaltkriteriums 21 ein Ansteuersignal an das Servoventil (V) eines Schnellumschaltventiles in der Brenngaszufuhrleitung überträgt, wodurch die Brennstoffzufuhr in der Vormischgasleitung zu dem(n) Brenner(n) abrupt unterbrochen und die Diffusionsgasleitung zu dem(n) Brenner(n) sofort mit Brenngas versorgt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß zusätzlich das Umschaltkriterium 22 für das Umschalten vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb durch eine optische Flammenüberwachung (B) am Ausgang des(r) Brenners(r) im Flammrohr auf eine Ansteuerlogik für Schnellumschaltung ständig übertragen wird und daß die Ansteuerlogik auch diese eingegebenen Meßwerte ständig zusammen mit den Meßwerten des Umschaltkriteriums 20 und 21 überprüft und bei Erfüllung des Umschaltkriteriums 22 ebenfalls ein Ansteuersignal an das Servoventil (V) des Schnellumschaltventiles der Brenngaszufuhrleitung überträgt.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Schnellumschaltung vom Vormischbetrieb in den Diffusionsbetrieb einer Brennkammer einer Gasturbine nach den Ansprüchen 1 - 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß in die Brenngaszufuhrleitung (13) nach dem Brenngasregelventil (1) mit dem Wegaufnehmer (Z) (4) pro Brenner (11, 12, n) ein Schnellumschaltventil (3) mit Servoventil (V) (7) eingesetzt ist, das mit dem Brenner (11, 12, n) durch eine Diffusionsgasleitung (15) und durch eine Vormischgasleitung (16) verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

daß an der Brennkammer (9, 10, n) Geräte für die Druckmessung (P) (5) und für die optische Flammenüberwachung (B) (6) angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet,

daß eine Ansteuerlogik für Schnellumschaltung (8) mit dem Wegaufnehmer (Z) (4) für das Brenngasregelventil (1), mit den Druckmessungsgeräten (P) (5) und den Geräten für eine optische Flammenüberwachung (B) (6) an der Brennkammer (9, 10, n) sowie mit den Servoventilen (V) (7) der Schnellumschaltventile (3) verdrahtet ist.

6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß die Ansteuerlogik für Schnellumschaltung (8) ein Umschaltkriterium 20 für den Wegaufnehmer (Z) (4) des Brenngasregelventiles (1) und ein Umschaltkriterium 21 für die Druckmessung (P) (5) sowie eine parallele Ansteuerung der Servoventile (V) (7) der Schnellumschaltventile (3) aufweist.

7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

daß die Ansteuerlogik für Schnellumschaltung (8) ein Umschaltkriterium 22 für die optische Flammenüberwachung (B) (6) sowie eine Ansteuerung der Servoventile (V) (7) der Schnellumschaltventile (3) aufweist.

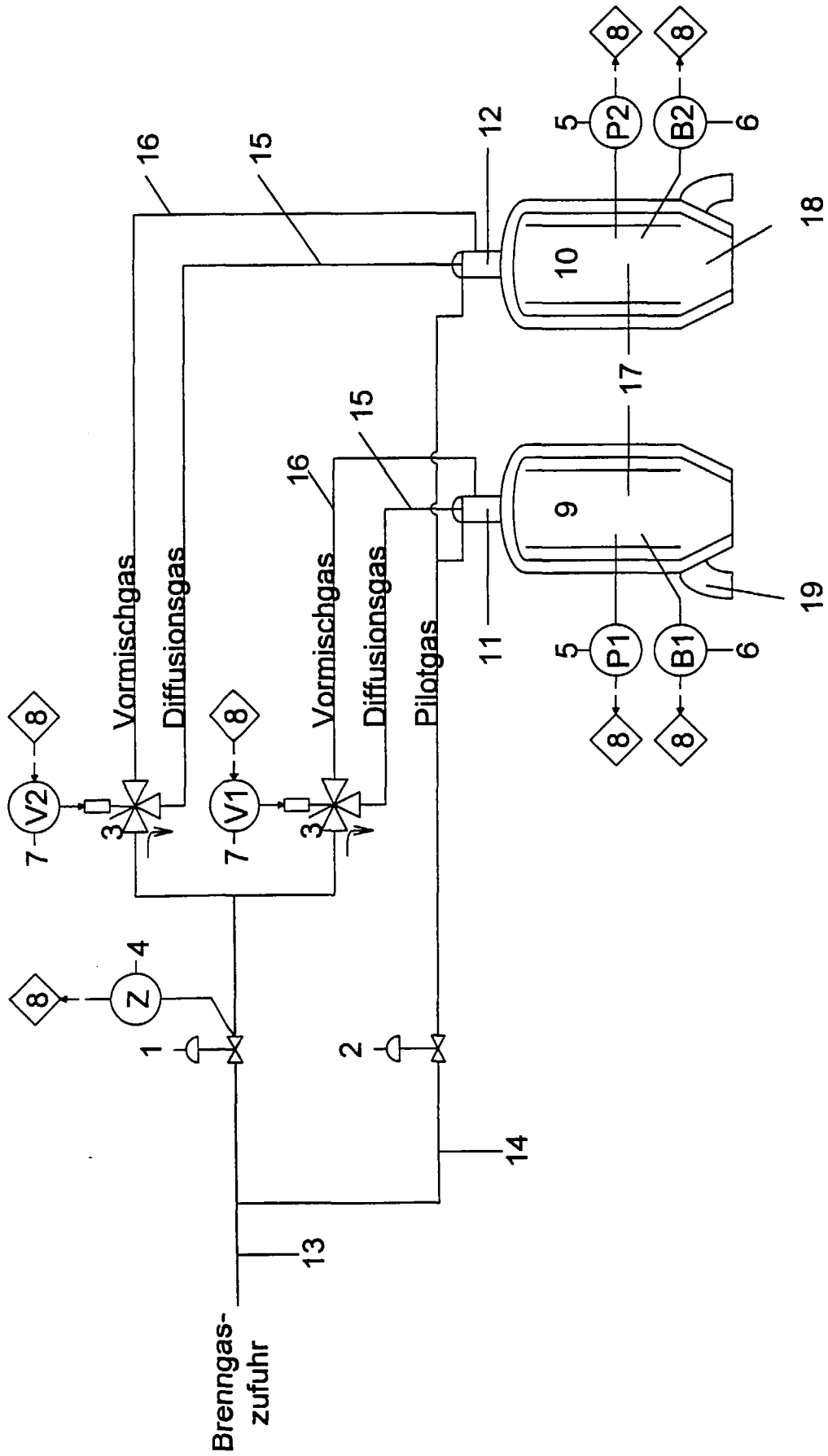


Fig. 1

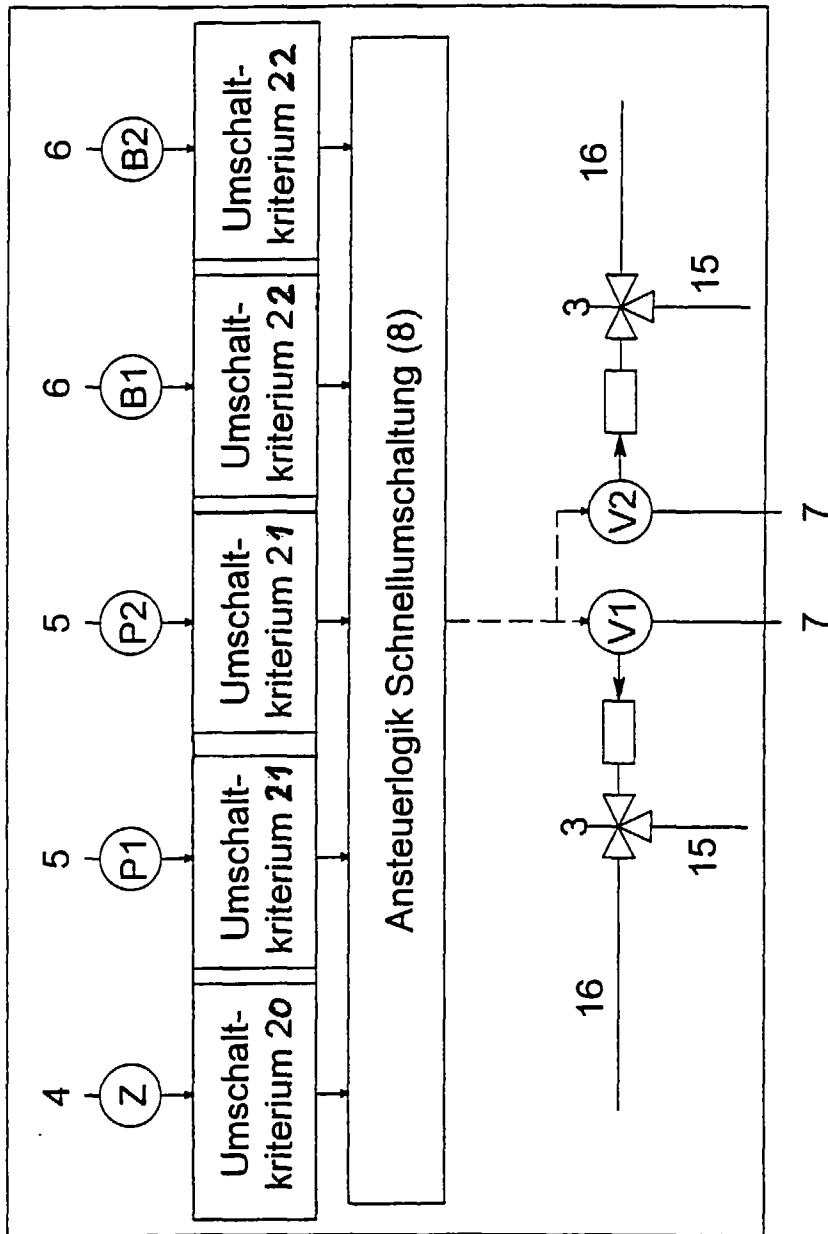


Fig. 2