



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 972 986 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.01.2000 Patentblatt 2000/03

(51) Int. Cl.⁷: **F23D 14/34**

(21) Anmeldenummer: **99112485.0**

(22) Anmeldetag: **01.07.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **16.07.1998 DE 19831933**

(71) Anmelder:
**VISSMANN WERKE GmbH & CO.
35107 Allendorf/Eder (DE)**

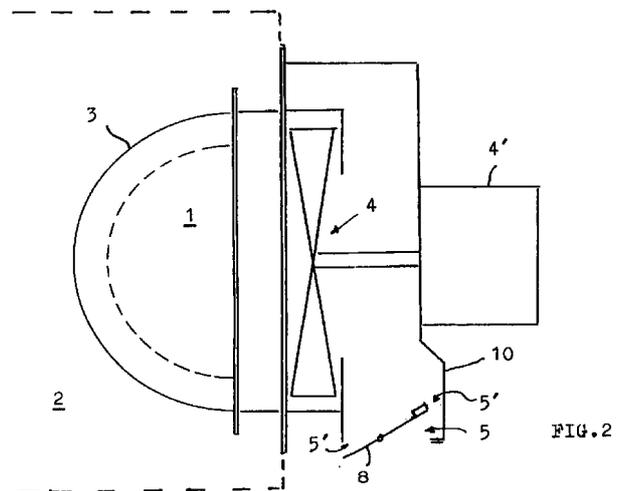
(72) Erfinder:
• **Vogt, Arno
35099 Wiesenfeld (DE)**

- **Hemke, Gerd
35099 Burgwald-Bottendorf (DE)**
- **Gerhard, Peter
35119 Rosenthal (DE)**
- **Göbel, Peter
35066 Frankenberg (DE)**
- **Klausmann, Werner, Dr.-Ing.
35083 Wetter (DE)**
- **Dzubiella, Manfred, Dr.
35066 Frankenberg (DE)**

(74) Vertreter:
**Wolf, Günter, Dipl.-Ing.
Patentanwalt Günter Wolf,
An der Mainbrücke 16
63456 Hanau (DE)**

(54) **Verfahren zur Vermeidung von thermoakustischen Flammen- bzw. Druckschwingungen bei Feuerungen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermeidung von thermoakustischen Flammen- bzw. Druckschwingungen bei Feuerungen, die mit einem gebläseunterstützten, vorzugsweise modulierenden Brenner betrieben werden, dessen Flammenhalter den Luft/Gemischraum vom Verbrennungsraum trennt, wobei im Luft/Gemischraum stromauf des Flammenhalters zur Verstärkung der akustischen Dämpfung und zur schwingungsmäßigen Abkopplung des Verbrennungsraumes vom Gemischraum eine Drossel angeordnet ist. Nach der Erfindung wird eine im Drosselquerschnitt variable Drossel verwendet und deren Drosselwirkung in Abhängigkeit vom geförderten Luft/ Gemisch-Volumenstrom derart variiert, daß der Druckgradient (dy/dx) der Drossel mit zunehmenden Volumenstrom stets kleiner ist als der einer Drossel mit unveränderlichem Drosselquerschnitt gemäß der Beziehung: $(dy/dx) < 2 \text{ const } x$.



EP 0 972 986 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermeidung von thermoakustischen Flammen- bzw. Druckschwingungen bei Feuerungen, die mit einem gebläseunterstützten, vorzugsweise modulierenden Brenner betrieben werden, dessen Flammenhalter den Luft/Gemischraum vom Verbrennungsraum trennt, wobei im Luft/ Gemischraum stromauf des Flammenhalters zur Verstärkung der akustischen Dämpfung und zur schwingungsmäßigen Abkopplung des Verbrennungsraumes vom Gemischraum eine Drossel angeordnet ist. Die Erfindung bezieht sich außerdem auf einen Brenner zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] In Feuerungen der eingangs genannten und bekannten Art können Druckstörungen, bspw. durch Anfahrstoß oder permanente kleine Instabilitäten der Flamme, selbsterregte Verbrennungsschwingungen hervorrufen, da die Energiefreisetzung der Flamme über einen Rückkopplungsmechanismus mit den luft- bzw. gemischführenden Räumen eines Heizkessels und des Brenners periodisch moduliert wird. Liegt die Frequenz solcher Druckschwankungen im Bereich der Eigenfrequenz der Feuerung bzw. der Feuerungsgeometrie, so stellt sich Resonanz ein, die bei zu geringem Dämpfungsfaktor in solchen Feuerungen zu erheblichen Druckamplituden, nicht tolerierbaren hohen Schallpegeln und häufig auch zu höheren Schadstoffemissionen führt. Bezüglich des zu diesem Thema einschlägigen Standes der Technik wird verwiesen auf bspw. DE-Z gwf-gas/Erdgas 115(1974) Heft 2 S.48-52 und die EP-A-0 309 838. Diesem Stand der Technik ist zu entnehmen, daß zur Dämpfung kritischer, äußerst intensive und unangenehme Töne verursachender Schwingungsamplituden stromauf des Flammenhalters angeordnete Drosselstellen die wirksamste Maßnahme zur frequenzunabhängigen Vermeidung der selbsterregten Flammenschwingungen darstellen. Aus akustischer und strömungstechnischer Sicht stellen solche Drosselstellen einen nicht linearen Widerstand dar, die einen Teil der aus der Flamme zur Aufrechterhaltung der Schwingung freiwerdenden Energie durch Dissipation/Reibung vernichten. Die mit der Drosselung verbundenen höheren Druckverluste bzw. die damit verbundenen höheren Strömungsgeschwindigkeiten bewirken dabei, daß der Brenner vom Feuerraum akustisch entkoppelt wird, wodurch ein "Aufschaukeln" der Schwingung (Amplitudenzuwachs) unterbleibt und das Verbrennungssystem akustisch stabil bleibt, d.h., es treten keine äußerst intensiven, über das normale Brennergeräusch hinausgehenden Töne mehr auf. Der Einbau solcher Drosselstellen in die Luft- bzw. Gemischstrecke eines Brenners führt jedoch, wie sich in der Praxis gezeigt hat, insbesondere bei modernen, hochmodulierenden Gasgebläsebrennern, zu einem Zielkonflikt:

Die häufig notwendige Auslegung einer ausreichend akustisch dämpfenden Drossel einerseits für Kleinlast

mit geringen Luft/Gemisch-Volumenströmen bedeutet für Nennlast mit großen Luft/Gemisch-Volumenströmen, daß die Druckverluste gemäß der physikalischen Beziehung $y = \text{const } x^2$ quadratisch ansteigen. Dies führt zu der unangenehmen Konsequenz, daß entweder die Leistungsbereiche von Brennern eingeschränkt sind oder leistungsstarke, entsprechend teure Gebläse eingesetzt werden müssen, die zudem mit dem Nachteil hoher elektrischer Leistungsaufnahme behaftet sind.

[0003] Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, unter Beibehaltung und Ausnutzung des bekannten Drosseleffektes zur Vermeidung bzw. Unterdrückung von thermoakustischen Flammen- bzw. Druckschwingungen und daraus resultierender, über normale Brennergeräusche hinausgehender Töne ein Verfahren und einen Brenner zu seiner Durchführung zu schaffen, mit dem Brenner der eingangs genannten Art weder mit Einschränkung ihres Leistungsbereiches noch mit leistungsstarken und entsprechend teuren Gebläsen betrieben werden müssen.

[0004] Bezüglich des Verfahrens ist diese Aufgabe nach der Erfindung durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 1 genannten Merkmale gelöst und bezüglich des Brenners durch die Merkmale im Kennzeichen des Anspruchs 5.

Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich nach den Unteransprüchen.

[0005] Die Lösung der Aufgabe bzw. des vorerläuterten Zielkonfliktes gelingt also mit Hilfe einer nach wie vor stromauf der Flamme bzw. des Flammenhalters angeordneten Drossel, die aber erfindungsgemäß und lösungsentscheidend einen variablem Drosselquerschnitt aufweist, wobei der Druckverlust der Drossel entsprechend den Dämpfungsanforderungen im thermoakustisch kritischen Bereich des Brennerbetriebskennfeldes ausgelegt ist, und deren Druckgradient (dy/dx) jedoch mit steigendem Luft/ Gemisch-Volumenstrom stets kleiner ist als der einer Drossel mit unveränderlichem Drosselquerschnitt. Die Forderung nach einer solchen Drosselcharakteristik läßt sich mathematisch durch die folgende Ungleichung ausdrücken: $(dy/dx) < 2 \text{ const } x$, wobei sich $2 \text{ const } x$ aus der Ableitung der Funktion $y = \text{const } x^2$ ergibt. Diese Ungleichung schließt insbesondere auch Werte kleiner Null ein: $(dy/dx) < 0$

Gerade negative Druckgradienten sind nämlich für die Praxis von besonderer Relevanz, denn sie ermöglichen die Realisierung der häufig erforderlichen höheren Dämpfung im Kleinlastbereich einer Feuerung, führen aber nicht gleichzeitig dazu, daß die zusätzliche "Akustik-Drossel" für den Volllastbereich druckverlustbestimmend wird.

Im Idealfall kann die Kennlinie einer solchen Drossel so ausgelegt werden, daß sie bei Kleinlast einen den thermoakustischen Erfordernissen notwendigen Druckverlust zwecks Dämpfung aufbaut, aber bei Volllast wieder auf Null zurückgeht, was an Hand einer Graphik nachfolgend noch näher erläutert wird. Im vorliegenden

Zusammenhang erfindungsgemäß variabel ausgebildete Drosseln bzw. Drosselstellen, deren Druckgradientenkennlinien die Beziehung $(dy/dx) < 2 \text{ const } x$, insbesondere $(dy/dx) < 0$ erfüllen, können prinzipiell auf zweierlei Arten, wie folgt, realisiert werden:

Nämlich zum Einen durch eine derart ausgestaltete Drossel, daß durch externe, bspw. elektronische Ansteuerung deren Drosselquerschnitt variiert und damit eine Anpassung an die jeweiligen Dämpfungsanforderungen bewirkt wird, und zum Anderen durch eine derart ausgestaltete Drossel, daß diese ohne externe Ansteuerung, d.h. selbsttätig allein auf Grund von Strömungskräften und einer Gegenkraft (z.B. Gewichtskraft) ihre Drosselwirkung durch Veränderung des Drosselquerschnitts den jeweiligen Dämpfungsanforderungen anpaßt.

Diese zweite Ausführungsform wird bevorzugt, da diese einen wesentlich einfacheren Aufbau hat, der sowohl zu niedrigeren Erstellungskosten als auch zu einer geringeren Störanfälligkeit führt.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren und ein zu seiner Durchführung geeigneter Gebläsebrenner werden nachfolgend an Hand der zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen einschließlich einer Graphik näher erläutert.

[0007] Es zeigt

- Fig.1 in Vorderansicht einen Gasgebläsebrenner;
 Fig.2 im Schnitt den Gasgebläsebrenner nach Fig.1 mit sich selbsttätig einstellender Drossel;
 Fig.3 die gleiche Brennerdarstellung gemäß Fig.2 mit schematischer Darstellung einer externen Ansteuerung der Drossel und
 Fig.4 eine Betriebskennliniengraphik.

[0008] In den Fig.1-3 ist lediglich als Ausführungsbeispiel ein Gasgebläsebrenner an sich bekannter Art schematisch dargestellt, wobei in Fig.2 der den Brenner umschließende Brennraum 2 mit vereinfachter Geometrie lediglich gestrichelt angedeutet ist. Der den Luft/Gemischraum 1 vom Brennraum 2 trennende Flammhalter ist mit 3 bezeichnet, den man sich beim Ausführungsbeispiel als feuerfestes Gewebe aus geeignetem Material vorzustellen hat. Die dargestellte Halbkugelform des Flammhalters ist dabei nicht als verbindlich anzusehen. Die Gaszufuhr erfolgt durch die Gaszuleitung 9, und Verbrennungsluft wird vom Gebläse 4 mit Motor 4' durch den Luftansaugstutzen 10 angesaugt.

[0009] Die hier interessierende Drossel ist allgemein mit 5 bezeichnet und der variable Drosselquerschnitt mit 5'. Dargestellt ist die Drossel 5 bei beiden Ausführungsformen in Form von Klappen, die wegen ihrer Einfachheit bevorzugt werden, was aber andere Drosselgestaltungen, sofern deren Öffnungsquerschnitt veränderlich ist bzw. variiert werden kann, nicht ausschließen soll. Gleiches gilt auch für die dargestellte Drosselanordnung im Luftansaugstutzen 10, d.h., eine

geeignet gestaltete Drossel 5 könnte auch stromab hinter dem Gebläse 4 angeordnet werden, wenn dies die Gesamtkonstruktion eines solchen Gasgebläsebrenners zuläßt und ggf. zweckmäßiger erscheinen läßt.

[0010] Bei der Ausführungsform nach Fig.2, die wegen ihrer Einfachheit bevorzugt wird, ist eine Pendelklappe 8 als Stellglied im Luftansaugstutzen 10 angeordnet, die mit diesem zusammen die Drossel 5 bildet, deren Durchströmquerschnitt 5' je nach Klappenstellung veränderlich ist. Die Winkelstellung der Pendelklappe, damit die Größe des Durchströmquerschnittes 5' und damit wiederum die Drossel- bzw. Dämpfungswirkung wird dabei vom volumenstromabhängigen Momentengleichgewicht (Strömungskraft moment = Gewichtskraftmoment) bestimmt. Bei geeigneter Auslegung des volumenstromabhängigen Momentengleichgewichts für eine bestimmte Kanal- (Ansaugstutzen) und Klappengeometrie läßt sich annähernd die gewünschte Drosselcharakteristik nach Fig.4 erzielen, deren Graphik nach kurz erläutert wird.

[0011] Aufwendiger ist die Ausführungsform nach Fig.3, bei der zwar auch eine Klappe 7 im Ansaugstutzen 10 pendelnd gelagert ist, die aber mittels eines von einem kleinen Stellmotor 11 betätigbaren Stellgliedes 12 variabel einstellbar ist. Der kleine Stellmotor 11 erhält dabei via einer Regelelektronik 13 drehzahl- und damit volumenstromabhängig seine Regelgröße.

[0012] Die in Fig.4 dargestellte Anlagenkennlinie $y_1 = a_1 \cdot x^2$ stellt die Summe der Druckverluste in einem Brenner/Heizkesselsystem dar.

Treten nun bspw. im Kleinlastbereich (30% Leistung) durch ungenügende Dämpfung verbrennungsinduzierte Schwingungen auf, so können diese durch Erhöhung der Dämpfung mittels Druckverlustserhöhung um Δp_2 , d.h. von ursprünglich Δp_1 auf Δp_3 beseitigt werden. Wollte man dies gemäß bekanntem Stand der Technik mittels einer festen Drosselstelle umsetzen, so würde dies bei Vollast zu unakzeptablen hohen Druckverlusten führen. Setzt man dies jedoch erfindungsgemäß mit einer Drossel mit variabler Drosselwirkung nach der Drosselkennlinie $y_2 = a_2 - b \cdot x$ um, so ergibt sich in Summe die neue Anlagenkennlinie $y_3 = y_1 + y_2$, die bei Vollast (100% Leistung) keinen höheren Druckverlust verursacht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermeidung von thermoakustischen Flammen- bzw. Druckschwingungen bei Feuerungen, die mit einem gebläseunterstützten, vorzugsweise modulierenden Brenner betrieben werden, dessen Flammhalter den Luft/Gemischraum vom Verbrennungsraum trennt, wobei im Luft/Gemischraum stromauf des Flammhalters zur Verstärkung der akustischen Dämpfung und zur schwingungsmäßigen Abkopplung des Verbrennungsraumes vom Gemischraum eine Drossel angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine im Drosselquerschnitt variable Drossel verwendet und deren Drosselwirkung in Abhängigkeit vom geförderten Luft/ Gemisch-Volumenstrom derart variiert wird, daß der Druckgradient (dy/dx) der Drossel mit zunehmenden Volumenstrom stets kleiner ist als der einer Drossel mit unveränderlichem Drosselquerschnitt gemäß der Beziehung: $(dy/dx) < 2 \text{ const } x$.

5

10

2. Verfahren gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Druckgradient der Drossel mit steigendem Volumenstrom kleiner Null, d.h. $(dy/dx) < 0$ gehalten wird.

15

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß der durchströmbare Drosselquerschnitt durch externe Ansteuerung über ein Stellglied variiert wird.

20

4. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine sich selbsttätig einstellende Drossel verwendet und diese dem Strömungsdruck mindestens einer der beiden Betriebsmittelkomponenten ausgesetzt wird.

25

5. Brenner zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bestehend aus einem den Luft/Gemischraum(1) gegen den Brennraum (2) abgrenzenden Flammhalter (3), wobei dem Luft/Gemischraum (1) ein Gebläse (4) vorgeschaltet und in Bezug auf den Flammhalter (3) stromauf eine Drossel (5) angeordnet ist,

30

35

dadurch gekennzeichnet,

daß der durchströmbare Querschnitt (5') der Drossel (5) ansteuerbar oder sich selbsttätig einstellend veränderlich ausgebildet ist.

40

6. Brenner nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Drossel (5) aus einer über ein Stellglied (6) zwangsverstellbaren Klappe (7) oder aus einer strömungsdruckabhängig sich einstellenden Pendelklappe (8) gebildet ist.

45

7. Brenner nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Drossel (5) stromauf, d.h., saugseitig dem Gebläse (4) vorgeschaltet angeordnet ist.

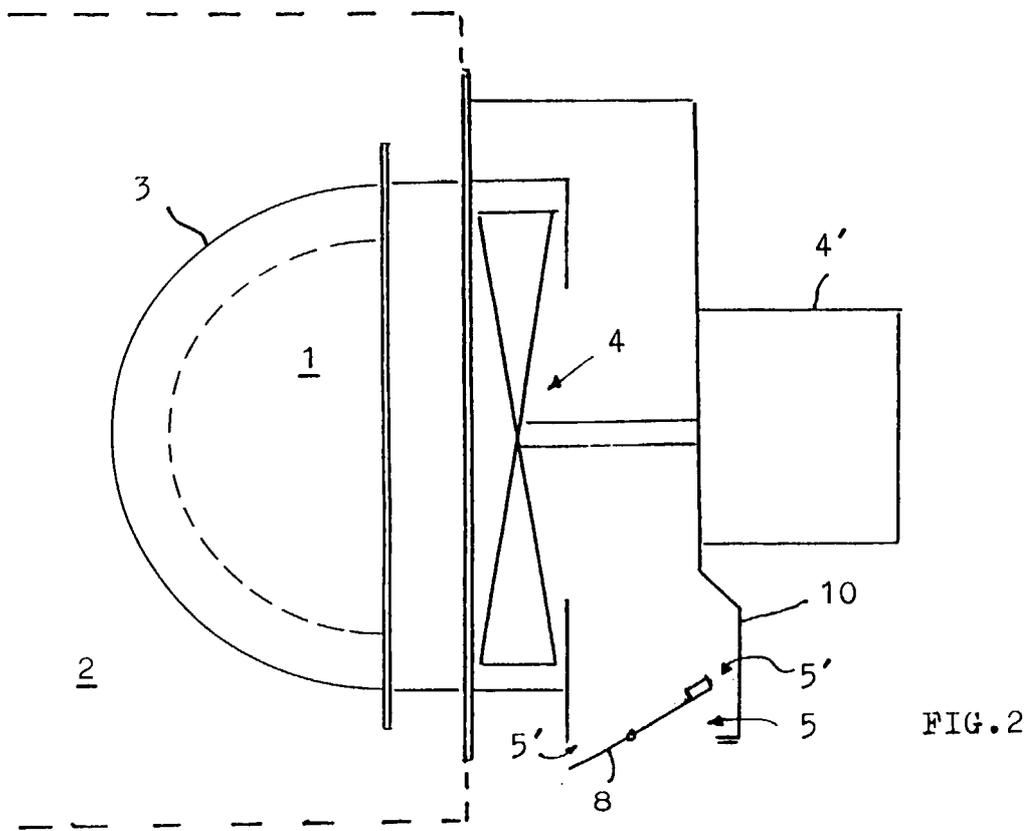
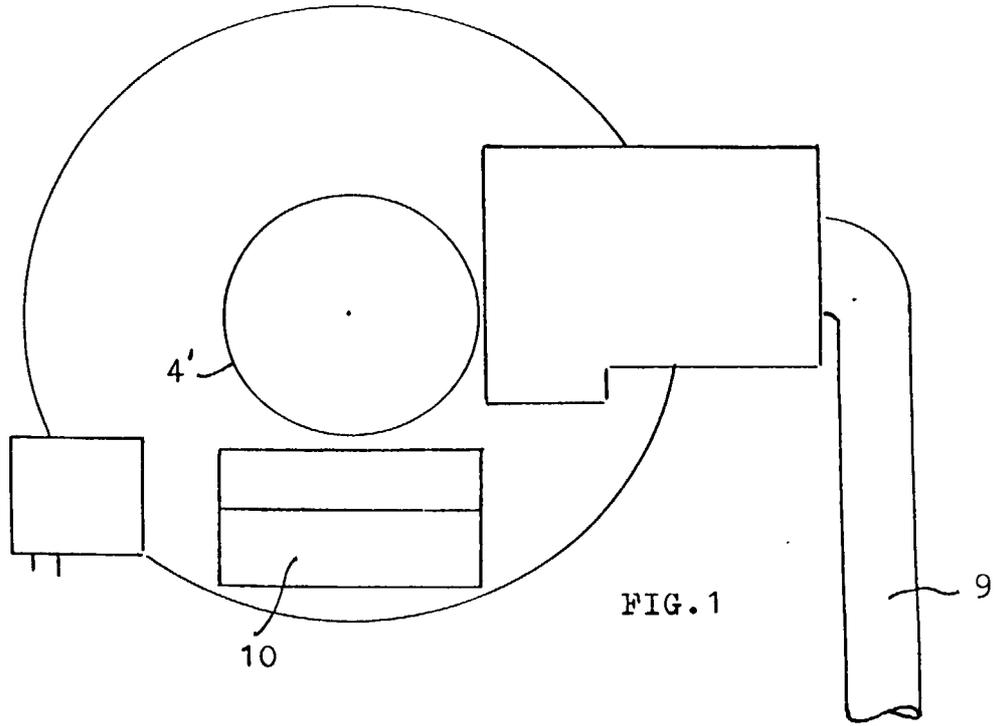
50

8. Brenner nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Drossel (5) stromab, d.h., druckseitig dem Gebläse (4) nachgeschaltet angeordnet ist.

55



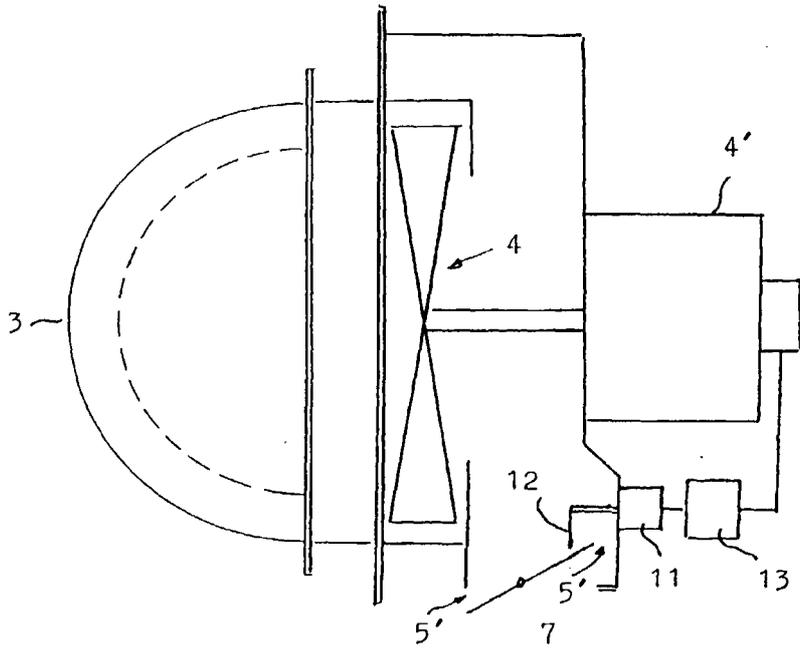


FIG. 3

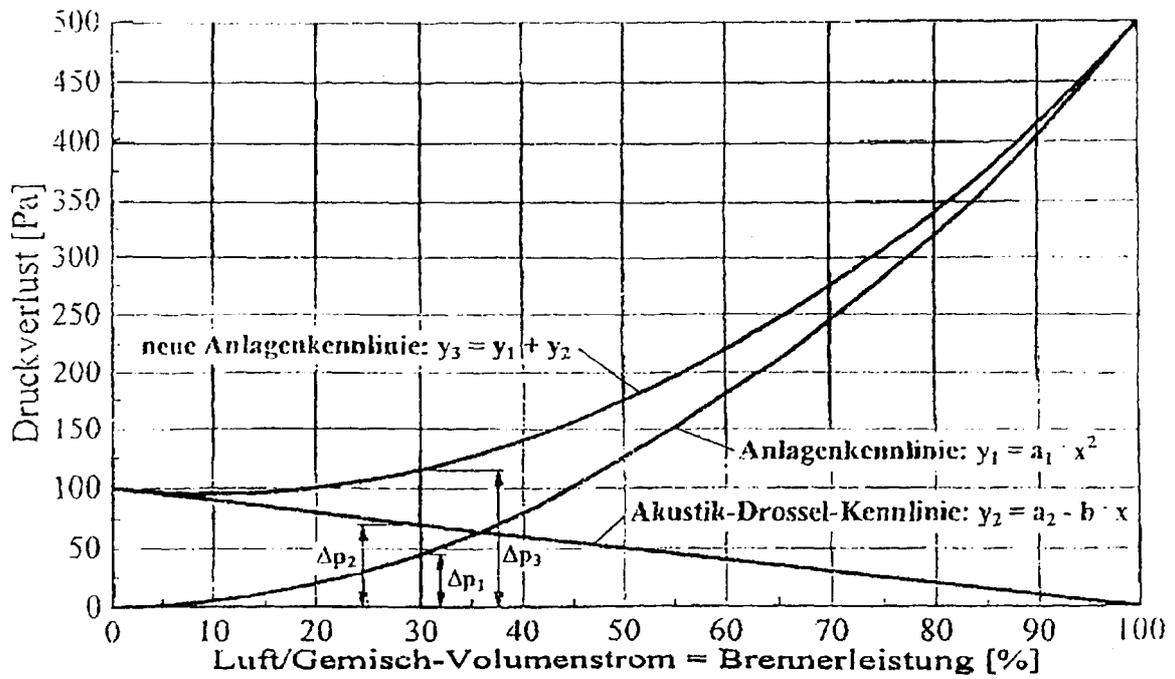


FIG. 4