



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: F 23 D

3/40

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENT SCHRIFT** A5

(11)

642 730

(21) Gesuchsnummer: 1871/79

(22) Anmeldungsdatum: 26.02.1979

(30) Priorität(en):
27.02.1978 JP 53-22643
10.03.1978 JP 53-28152
16.05.1978 JP 53-58428

(24) Patent erteilt: 30.04.1984

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 30.04.1984

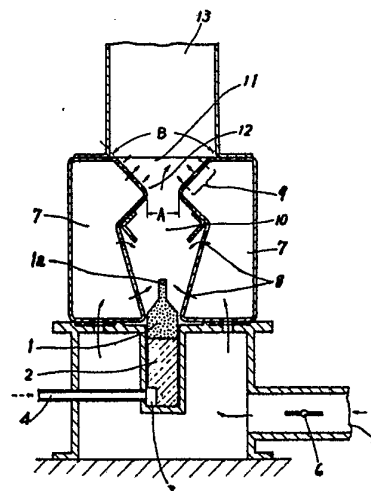
(73) Inhaber:
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.,
Kadoma-shi/Osaka-fu (JP)

(72) Erfinder:
Yoshimi Ohmukai, Hirakata-shi/Osaka (JP)
Takeshi Tomisawa, Katano-shi/Osaka (JP)
Yoshitaka Kawasaki, Nara-shi/Nara-ken (JP)
Katsuhiko Ishikawa, Ikoma-gun/Nara-ken (JP)
Akihiko Nakashima, Nara-shi/Nara-ken (JP)

(74) Vertreter:
Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern

(54) Verbrennungsvorrichtung für flüssigen Brennstoff.

(57) Die Verbrennungsvorrichtung weist einen porösen Brennerkopf (1) mit einem Verdampferteil (1a) auf, welcher Brennerkopf den Brennstoff in flüssiger Phase enthalten kann, mit einer ersten Brennkammer (10), in welche der Verdampferteil ragt, und mit einer zweiten, in Strömungsrichtung anschliessenden Brennkammer (11), die mit der ersten in Verbindung steht. Der im Brennerkopf enthaltene Brennstoff wird verdampft, um mit der der ersten Brennkammer zugeführten Luft zu verbrennen. Das Verhältnis der Luftzufuhr rate zur ersten Brennkammer zur Verdampfungsrate des Brennstoffes ist im Bereich von 0,1 bis 0,5 des äquivalenten stöchiometrischen Verhältnisses eingestellt, um eine stufenlos einstellbare Heizleistung zu erhalten und gleichzeitig eine saubere Verbrennung aufrechtzuerhalten.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verbrennungsvorrichtung für flüssigen Brennstoff, gekennzeichnet durch einen Brennerkopf (1; 15), welcher den Brennstoff in flüssiger Phase enthält, durch Mittel (2; 16) zur Zufuhr des flüssigen Brennstoffes zum Brennerkopf, durch einen mit dem Brennerkopf aus einem Stück bestehenden Brennstoffverdampfungsteil (1a; 15a), um den dem Brennerkopf zugeführten Brennstoff zu verdampfen, durch eine erste Brennkammer (10; 24), in welcher der Brennstoffverdampfungsteil angeordnet ist, durch eine in Strömungsrichtung nach der ersten angeordneten zweiten Brennkammer (11; 27), durch Mittel (8; 9; 15b, 26) zur Zufuhr von Primärluft zur ersten Brennkammer und von Sekundärluft zur zweiten Brennkammer, und durch Mittel (6; 20) in der Primär- und Sekundärluftzufuhr zur Steuerung mindestens der Primärluftzufuhr, wobei der Brennerkopf (1; 15) und die Mittel (8; 9; 15b, 26) zur Zufuhr von Primär- und Sekundärluft ausgelegt und angeordnet sind, um das Verhältnis von Primärluftzufuhr zu Brennstoffverdampfungsrate im Bereich von 0,1 bis 0,5 des äquivalenten stöchiometrischen Verhältnisses zu halten.

2. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Luftkammer (7; 25) um die erste und zweite Brennkammer (10, 24; 11, 27) herum angeordnet ist, und dass die Mittel (6; 20) zur Steuerung der Luftzufuhr in Strömungsrichtung von der Luftkammer angeordnet sind, um sowohl die Primärluftzufuhr als auch die Sekundärluftzufuhr zu regulieren.

3. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennerkopf (1; 15) vorwiegend aus einem porösen Material auf der Basis von Tonerde, Kieselerde/Tonerde oder Kieselerde hergestellt ist.

4. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das poröse Material faserig ist.

5. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der Grenze zwischen der ersten Brennkammer (10) und der zweiten Brennkammer (11) ein eingeschnürter Teil (12) vorgesehen ist.

6. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der eingeschnürte Teil (12) eine Lichtweite von bis zu 18 mm aufweist.

7. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von Öffnungen (9) zur Einführung von Luft in die zweite Brennkammer (11) in zwei Wänden, welche die zweite Brennkammer begrenzen, vorgesehen sind, wobei sich die Wände in Strömungsrichtung gesehen unter einem Winkel voneinander entfernen.

8. Verbrennungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Winkel ungefähr 80° ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbrennungsvorrichtung für flüssigen Brennstoff und insbesondere eine Vorrichtung, welche eine stufenlose Variation der Reizleistung erlaubt und einen hohen Wirkungsgrad bei dauernd sauberen Abgasen erreicht und zwar trotz Variation der Heizleistung. Um einen idealen Verbrennungswirkungsgrad mit sauberem Abgas, das wenig Kohlenmonoxyd oder Russ enthält, zu erreichen und damit einen hohen Wärmeaustauschwirkungsgrad sicherzustellen, ist es erwünscht, mit konstantem Luftüberschussfaktor zu arbeiten, wie dies wohl bekannt ist. Wenn jedoch die Heizleistung stufenlos verändert wird, ist es äusserst schwierig oder praktisch unmöglich, einen konstanten Luftüberschussfaktor einzuhalten.

Bekannte Verbrennungsvorrichtungen für flüssige Brennstoffe sind Düsenbrenner, Schalenbrenner, Dochtbrenner usw. Bei diesen Vorrichtungen wird die Heizleistung durch Veränderung

der Brennstoffzufuhr zum Brenner eingestellt. Die Steuerung der Heizleistung verändert den Luftüberschussfaktor in grossem Umfange und beeinträchtigt daher die Verbrennungsbedingungen, bewirkt eine Erhöhung der Emission von Kohlenmonoxyd und anderer schädlicher Stoffe, eine verstärkte Erzeugung von Russ, was das Abgasrohr verstopft oder die Umwelt belastet, zu einem verminderten Heizungswirkungsgrad oder sogar zum Ausfall der Vorrichtung führt. Dies waren ehemals zu berücksichtigende Probleme.

Es ist daher Hauptaufgabe der Erfindung, diese Probleme zu überwinden und eine Verbrennungsvorrichtung für flüssige Brennstoffe vorzusehen, welche eine stufenlose Variation der Heizleistung über einen weiten Bereich ermöglicht bei gleichzeitig sauberer Verbrennung und zwar sowohl mit verbessertem Wirkungsgrad als auch unter Vermeidung der Bildung von Kohlenmonoxyd oder Russ.

Um diese Aufgabe zu lösen, ist die Verbrennungsvorrichtung für flüssigen Brennstoff gekennzeichnet durch einen Brennerkopf, welcher den Brennstoff in flüssiger Phase enthält, durch Mittel zur Zufuhr des flüssigen Brennstoffes zum Brennerkopf, durch einen mit dem Brennerkopf aus einem Stück bestehenden Brennstoffverdampfungsteil, um den dem Brennerkopf zugeführten Brennstoff zu verdampfen, durch eine erste Brennkammer, in welcher der Brennstoffverdampfungsteil angeordnet ist, durch eine in Strömungsrichtung nach der ersten angeordneten zweiten Brennkammer, durch Mittel zur Zufuhr von Primärluft zur ersten Brennkammer und von Sekundärluft zur zweiten Brennkammer, und durch Mittel in der Primär- und Sekundärluftzufuhr zur Steuerung mindestens der Primärluftzufuhr, wobei der Brennerkopf und die Mittel zur Zufuhr von Primär- und Sekundärluft ausgelegt und angeordnet sind, um das Verhältnis von Primärluftzufuhr zu Brennstoffverdampfungsrate im Bereich von 0,1 bis 0,5 des äquivalenten stöchiometrischen Verhältnisses zu halten.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung weist einen Brennstoffverdampferteil auf, der wenig anfällig ist für die Ansammlung von teerähnlichen Substanzen, so dass die Vorrichtung über einen längeren Zeitraum mit hohem Verbrennungswirkungsgrad arbeiten kann.

Ein anderes bevorzugtes Ausführungsbeispiel stellt eine stabile Verbrennung selbst im Bereich geringer Heizleistungen sicher. Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 einen Teil eines Schnittes durch eine erfindungsgemässe Verbrennungsvorrichtung für flüssige Brennstoffe;

Fig. 2 einen Teil eines Schnittes durch eine andere, erfindungsgemässe Verbrennungsvorrichtung für flüssige Brennstoffe;

Fig. 3 eine graphische Darstellung der mit der erfindungsgemässen Vorrichtung erreichten Beziehung zwischen dem Luftdurchsatz und der Heizleistung bzw. dem Luftüberschussfaktor;

Fig. 4 eine graphische Darstellung, für die erste Brennkammer, der Beziehung zwischen der Heizleistung und dem Verhältnis zwischen dem Primärluftdurchsatz und der Menge des verdampften Brennstoffes, und

Fig. 5 eine graphische Darstellung der Wirkung einer Einschnürung zwischen der ersten und der zweiten Brennkammer der erfindungsgemässen Vorrichtung.

In Fig. 1 besitzt ein Brennerkopf 1 aus hitzebeständigem, porösem Material an seinem oberen Ende einen Verdampferteil 1a. Der Brennerkopf besitzt winzige, sich durch diesen erstreckenden Kanäle. Ein absorbierendes Glied 2, das als Beispiel einer Brennstoffzuführung verwendet wird, hat sein unteres Ende in Kontakt mit einem flüssigen Brennstoff in einem Brennstoffzufuhrkanal 3, während sein oberes Ende in Kontakt mit dem Brennerkopf 1 ist, um den Brennstoff dem Brennerkopf zuzuführen. Über eine Brennstoffleitung 4 wird der Brennstoff dem Kanal 3 zugeführt. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel

wird der flüssige Brennstoff von einem nicht gezeigten Tank durch Schwerkraft oder durch eine Pumpe oder ähnliche nicht gezeigte Mittel dem Kanal 3 zugeführt, von wo er durch die Kapillarwirkung des Brennerkopfes 1 dem Verdampferteil 1a zugeleitet wird. Die Brennstoffzufuhr einschliesslich des nicht gezeigten Tankes, der Pumpe oder ähnlichen Mitteln muss ausgelegt sein für Variationen der Heizleistung, so dass z. B. bei geringer Heizleistung kein Überfließen von Brennstoff an eine unerwünschte Stelle oder nach aussen erfolgt. Zu diesem Zweck kann z. B. die Brennstoffzufuhr so ausgelegt sein, dass der Brennstoff entsprechend der maximalen Heizleistung zugeführt wird und dass der Überschuss, falls vorhanden, zum Brennstofftank zurückgeführt wird. Verschiedene andere Anordnungen können aber auch verwendet werden.

In Fig. 1 ist weiter ein Luftzufuhrrohr 5 sichtbar, weiter eine Luftstromregulierung 6, ein Paar gegenüberliegender Luftkammern 7, Primärluftdurchgänge 8 zur Verbindung der Luftkammern 7 mit der ersten Brennkammer 10 und Sekundärluftdurchgänge 9 zur Verbindung der Luftkammern 7 mit der zweiten Brennkammer 11. Diese Luftdurchgänge 8 und 9 sind in grosser Zahl vorgesehen, so dass die Luft den Brennkammern 10 bzw. 11 fein verteilt zugeführt wird. Die Luft wird der Vorrichtung durch ein nicht gezeigtes Gebläse in einer durch die Regulierung 6 einstellbaren Menge pro Zeiteinheit zugeführt und dann aufgeteilt auf die erste Brennkammer 10 und die zweite Brennkammer 11.

Die Zufuhrmengen der aufgeteilten Luftströme für die erste Brennkammer 10 und die zweite Brennkammer 11 werden bestimmt durch die Form, die Abmessungen und die Lage der primären und sekundären Luftdurchgänge 8 und 9.

An der Grenze zwischen der ersten Brennkammer 10 und der zweiten Brennkammer 11 ist eine Einschnürung 12 vorhanden, an die zweite Brennkammer 11 schliesst ein Abgasrohr 13 an.

In Fig. 2 besitzt ein poröser Brennerkopf 15 aus einem geeigneten, hitzebeständigen Material, z. B. Kieselerde/Tonerde-Schamotte auf einer Seite einen Brennstoffverdampferteil 15a. Der Brennerkopf 15 weist eine Anzahl von Bohrungen 15b für den Durchgang der Primärluft auf. Ein Paar von Brennstoffapplikatoren 16 aus einem für das Heraufbefördern von Brennstoff geeigneten Material ist mit seinen unteren Enden in den flüssigen Brennstoff in einem Zwischenbehälter 17 eingetaucht, während die oberen Enden in innigem Kontakt mit dem Brennerkopf 15 sind. Ein Brennstoffzufuhrrohr 18 dient zur Zufuhr des Brennstoffes von einem nicht gezeigten Haupttank zum Zwischenbehälter 17. Der Brennstoff fliesst also zuerst vom Haupttank über die Leitung 18 in den Zwischenbehälter 17, aus welchem er durch die Applikatoren 16 heraufgesogen wird und gelangt dann durch den Brennerkopf 15 zum Brennstoffverdampferteil 15a.

Ein Luftzufuhrrohr 19 erstreckt sich bis zu einem nicht gezeigten Gebläse. Ein Luftmengensteuerungsglied 20, z. B. eine Klappe ist manuell oder automatisch von aussen betätigbar. Die gezeigte Vorrichtung weist eine Luftkammer 21, eine Einstellplatte 22 zur Festlegung des Verhältnisses zwischen Primär- und Sekundärluft, eine Primärluftkammer 23, eine erste Brennkammer 24, eine Sekundärluftkammer 25, eine Anzahl von Sekundärluftdurchgängen 26 und eine zweite Brennkammer 27 auf. Die durch das nicht gezeigte Gebläse gelieferte Luft erreicht also die Luftkammer 21 über das Luftzufuhrrohr 19 und das Luftmengensteuerungsglied 20 und fliesst dann aus der Kammer 21 durch die Platte 22 für die Einstellung des Luftverhältnisses in die Primärluftkammer 23. Die Luft aus Kammer 23 tritt durch die Primärluftbohrungen 15b in die erste Brennkammer 24 ein. Die Sekundärluft fliesst aus der Luftkammer 21 in die Sekundärluftkammer 25, aus welcher sie durch die Sekundärluftdurchgänge 26 in die zweite Brennkammer 27 eintritt.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 unterscheidet sich von jenem nach Fig. 1 insofern, als die Primärluft bei der Vorrichtung

nach Fig. 2 durch Primärluftbohrungen 15b im Brennerkopf 15 in die erste Brennkammer 24 eintritt, während bei der Vorrichtung nach Fig. 1 die Primärluft durch Primärluftdurchgänge 8 in den die erste Brennkammer 10 bildenden Wänden in die erste Brennkammer eintritt. Obwohl die beiden Ausführungsbeispiele von unterschiedlicher Konstruktion sind, sind sie in bezug auf die erreichten Wirkungen und auf die Betriebsweise zum Erreichen dieser Wirkungen auf dem gleichen Konzept basierend.

Das Wesensmerkmal der vorliegenden Vorrichtungen besteht darin, dass die Menge des zu verdampfenden Brennstoffes in beiden Ausführungsbeispielen automatisch einstellbar ist durch Steuerung der Luftmenge pro Zeiteinheit durch die entsprechenden Steuerglieder 6 oder 20. Die zu verdampfende Menge von Brennstoff ist praktisch proportional zur Differenz zwischen dem Dampfdruck des in flüssiger Phase im Brennerkopf 1 oder 15 enthaltenen Brennstoffes und dem Druck der Dampfphase im benachbarten Brennstoffverdampferteil, wobei die Dampfdruckdifferenz einstellbar ist über den Mengendurchsatz der Primärluft. Also ist die Menge des pro Zeiteinheit zu verdampfenden Brennstoffes, folglich die Heizleistung über den Mengendurchsatz der Primärluft einstellbar. Dies wird nachfolgend noch näher erläutert.

Die Menge des zu verdampfenden flüssigen Brennstoffes wird also spontan geregelt in Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem Dampfdruck des in flüssiger Phase im Brennstoffverdampferteil 1a oder 15a des Brennerkopfes 1 oder 15 enthaltenen Brennstoffes und dem Druck der Dampfphase in der ersten Brennkammer 10 oder 24, welchem der Brennstoffverdampferteil ausgesetzt ist. Weiter sind die fühlbare und die latente für das Verdampfen des flüssigen Brennstoffes erforderliche Wärme proportional zur Menge des zu verdampfenden Brennstoffes. Wenn die Primärluft in die erste Brennkammer 10 oder 24 eingeleitet wird, erzeugt die primäre Verbrennung Wärme proportional zur Primärluftzufuhr. Gleichzeitig bewirkt die Wärme eine Erhöhung des Dampfdruckes des Brennstoffes in flüssiger Phase und die Primärluft treibt den Brennstoffdampf von der Zone nahe dem Brennstoffverdampferteil 1a oder 15a weg, was eine Dampfdruckdifferenz zwischen den dampfförmigen und flüssigen Phasen proportional zur Primärluftzufuhr ergibt. Folglich wirken die von der primären Verbrennung resultierende Wärme und die Dampfdruckdifferenz zusammen, um den flüssigen Brennstoff proportional zur Primärluftzufuhr zu verdampfen. Wenn also die Primärluftzufuhr verdoppelt wird, tritt doppelt soviel flüssiger Brennstoff auf, was die Erzeugung einer doppelten Wärmemenge und einer verdoppelten Dampfdruckdifferenz zwischen den gasförmigen oder flüssigen Phasen bewirkt, so dass die Verdampfungsgeschwindigkeit des flüssigen Brennstoffes verdoppelt wird. Eine zweifache Wärmemenge wird dann nötig sein zur Erwärmung des frischen, kühlen, flüssigen Brennstoffes, der dem Brennstoffverdampferteil 1a oder 15a zugeführt wird, um den Brennstoff im Verdampferteil 1a oder 15a auf konstanter Temperatur zu halten. Die für die Kompensation der bei der Verdampfung anfallenden latenten Wärme notwendige Wärme wird sich verdoppeln. Als Folge davon verdampft eine doppelte Brennstoffmenge pro Zeiteinheit.

Das oben Gesagte wurde durch Versuche bestätigt. In Fig. 3 stellt die Kurve A die Heizleistung in Watt dar, welche mit dem Durchsatz der Primärluft variiert. Die in Fig. 3 aufgetragene Summe der Durchsätze von Primär- und Sekundärluft weist ein konstantes Verhältnis (mehrere %) an Primärluft auf. Der summierte Durchsatz stellt also praktisch den Primärluftdurchsatz dar. Es ist ersichtlich (Fig. 3, Kurve A), dass die Heizleistung stufenlos und praktisch proportional zum Luftdurchsatz einstellbar ist. Dies eliminiert also die erwähnten Nachteile bekannter Vorrichtungen, bei welchen die Brennstoffzufuhr direkt reguliert wird. Zusätzlich zu diesem Vorteil weist die vorliegende Vorrichtung einen weiteren Vorteil auf, nämlich, dass automatisch ein

praktisch konstanter Luftüberschussfaktor (Fig. 3, Kurve B) erhalten werden kann und zwar unabhängig von Änderungen der Heizleistung, indem der Luftdurchsatz entsprechend der Summe der Primär- und Sekundärluft reguliert wird. Daher ist auch dann, wenn die Vorrichtung mit unterschiedlichen Heizleistungen betrieben wird, das resultierende Abgas immer sehr sauber und enthält nur eine stark reduzierte Konzentration des hochgiftigen Kohlenmonoxydes und ist praktisch russfrei. Daher kann der Wärmeaustauschungsgrad hoch gehalten werden.

Bei der vorliegenden Verbrennungsvorrichtung übt das stöchiometrische Verhältnis in Äquivalenten des Primärluftdurchsatzes zur Verdampfungsrate des Brennstoffes einen grossen Einfluss auf die Kennlinien der Verbrennung aus. Fig. 4 zeigt den Einfluss dieses Verhältnisses auf verschiedene Kennlinien bei ändernder Heizleistung. Mit A ist eine Zone angegeben, in welcher die Kohlenmonoxydkonzentration im Abgas den Wert von 100 ppm übersteigt. In einer Zone B weist die Verbrennung vielfach gelbe Flamme auf und gibt Russ ab bei gleichzeitig instabiler Beziehung zwischen Luftdurchsatz und Heizleistung. Mit C ist eine Zone bezeichnet, in welcher die entsprechenden Heizleistungen nicht erreichbar sind wegen ungenügender Verdampfung des Brennstoffes, wenn die Druckdifferenz zwischen den Luftkammern 7 und der zweiten Brennkammer 11 bis 98,1 Pa (10 mm H₂O) ist. Wenn die Druckdifferenz bis 99,1 Pa (10 mm H₂O) beträgt, kann der Brennstoff in einer Zone D mit sauberen blauen Flammen verbrannt werden, ohne dass Russ erzeugt wird und mit einer Kohlenmonoxydkonzentration von maximal 100 ppm. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass, wenn das stöchiometrische Verhältnis in Äquivalenten zwischen dem Primärluftdurchsatz und der Brennstoffverdampfungsrate auf einen Wert zwischen 0,1 bis 0,5 eingestellt wird, die Vorrichtung eine in einem weiten Bereich stufenlos variable Heizleistung ermöglicht bei stabiler Verbrennung und sauberem Abgas. Das stöchiometrische Verhältnis wird bestimmt durch die Grösse, die Anzahl und Lage der Primärluftdurchgänge, die Form und Auslegung des Brennerkopfes, die relative Lage von Luftdurchgängen und Brennerkopf und ähnlichen Faktoren.

Diese Effekte werden erreicht, indem die Zuführung von flüssigem Brennstoff zum Verdampferteil 1a (15a) des Brennerkopfes 1 (15) immer in Übereinstimmung mit der Heizleistung [der Brennstoffverdampfungsrate vom Teil 1a (15a)] gehalten wird, auch wenn die Heizleistung ändert, und indem verhindert wird, dass im Brennerkopf 1 (15) enthaltener flüssiger Brennstoff überfließt, z. B. in die erste Brennkammer, oder dass der Verdampferteil des Brennerkopfes zu wenig Brennstoff erhält.

Versuche haben gezeigt, dass der Brennerkopf die folgenden Eigenschaften aufweisen soll, um die gewünschten Resultate zu erreichen:

(A) Der Brennerkopf muss aus porösem Material sein und winzige, sich durch diesen erstreckende Kanäle aufweisen, die überwiegend einen Durchmesser bis 100 µm aufweisen bei Messung mit einem Hg-Porosimeter.

(B) Die winzigen Kanäle müssen für den Brennerkopf eine Porosität von mindestens 25 % ergeben.

(C) Der Brennerkopf muss den flüssigen Brennstoff mit einer Rate von mindestens 0,001 g/cm²·min auf eine Höhe von bis zu 70 mm heben können.

Ein die Bedingungen (A) bis (C) erfüllender Brennerkopf 1 wurde unter Verwendung der Vorrichtung nach Fig. 1 geprüft mit dem unter Fig. 3 beschriebenen Ergebnis.

Um die erwähnten Eigenschaften während einer längeren Zeitperiode aufrechtzuerhalten, muss der Brennstoffverdampferteil frei sein von teerähnlichen Ablagerungen, welche die Zündung und die Brennstoffzufuhr behindern würden. Genauer gesagt würden teerähnliche Substanzen, falls sie sich im Verdampferteil ansammelten, mindestens teilweise die Kapillaren im Brennerkopf verstopfen und dadurch dessen Fähigkeit, dem Verdampferteil den Brennstoff zuzuführen, einschränken, was

eine abnormal verkleinerte Heizleistung zur Folge hätte. Die abnormale Verkleinerung der Heizleistung erhöht den Luftüberschussfaktor, führt zu beeinträchtigter Verbrennung und reduziertem Verbrennungswirkungsgrad, erzeugt einen unangenehmen Geruch und grosse Mengen von Russ und Kohlenmonoxyd.

Die Ablagerung von Teer im Brennerkopf erhöht die Wärmekapazität dieses Teiles und ergibt Schwierigkeiten in der Verdampfung des Brennstoffes bei der Zündung, was eine stark beeinträchtigte Zündfähigkeit ergibt.

Um diese Störfaktoren zu vermeiden, sollte der Brennerkopf aus einem Material hergestellt sein, das wenig zur Ablagerung von teerähnlichen Substanzen neigt. Die Versuche zur Suche nach solchen Materialien haben gezeigt, dass kristalline Materialien wie Kieselerde, Kieselerde/Tonerde oder Tonerde am geeignetsten sind für die Verwendung bei Brennerköpfen. Diese Materialien sind an sich wirksam für die Verhinderung der Bildung von teerähnlichen Substanzen, wie dies aus Tabelle 1 ersichtlich ist. Diese Tabelle zeigt die mit diesen Materialien erreichten Resultate im Vergleich mit jenen, die mit üblichen Glasfasern (80 % Borsilikat-Glasfasern, 20 % Stapelfasern) erreicht wurden. Die in Tabelle 1 angegebene Teermenge ist ausgedrückt als prozentuales Verhältnis des Spitzenwertes des resultierenden Teeres auf einem Gaschromatogramm zum Spitzenwert der gesamten Kerosenkomponente darauf. Dieser Wert kann daher interpretiert werden als Gewichtsprozentwert des gebildeten Teeres.

Tabelle 1

Beispiel	Verwendetes Material	Menge des gebildeten Teeres
Üblich	20 % Stapelfasern, 80 % Borsilikatfasern	4,086
35 1	85–90 % SiO ₂	3,942
2	73–84 % SiO ₂	1,830
3	49,3 % SiO ₂ , 50,1 % Al ₂ O ₃	2,911
4	48 % SiO ₂ , 52 % Al ₂ O ₃	0,199
5	37,1 % SiO ₂ , 62,9 % Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO	3,473
40 6	84,1 % SiO ₂ , 15,9 % Al ₂ O ₃	0,264
7	12 % SiO ₂ , 88 % Al ₂ O ₃	0,197
8	Dehydriertes Al ₂ O ₃ ·xH ₂ O	0,112
9	94,1 % Al ₂ O ₃	0,072
45 10	50 % SiO ₂ , 50 % Al ₂ O ₃ , faserig	0,274
11	48 % SiO ₂ , 52 % Al ₂ O ₃ , faserig	0,193
12	38 % SiO ₂ , 62 % Al ₂ O ₃ , faserig	0,168

Bei den in Tabelle 1 angeführten Materialien enthalten die Beispiele 1 bis 5 neben SiO₂ und Al₂O₃ auch noch FeO, TiO, CaO und ähnliche Oxyde von Erdalkalimetallen. Diese Oxyde bewirken eine verbesserte Sinterbarkeit des Materials und sind vorteilhaft für die Bildung von Kanälen, die sich durch den Brennerkopf erstrecken. Beispiele von brauchbaren Materialien von solcher Zusammensetzung umfassen Petalit (Petalit, Li₂O, Al₂O₃, 8SiO₂) und Spodumen (Spodumen, Li₂O, Al₂O₃, 4SiO₂). Das Material ergibt, wenn es gemahlen und dann gesintert wird, auf leichte Art einen gewünschten Brennerkopf. Um ohne Schwierigkeiten ein poröses Produkt zu erhalten, wird mit Vorteil zum Petalit oder einem ähnlichen Hauptmaterial ein brennbares Material, z. B. Kohlepulver, Mehl, Stärke oder Harzmehl im Umfang von 5 bis 45 Gewichtsteilen auf 100 Gewichtsteile des Hauptmaterials hinzugefügt.

Bei den in Tabelle 1 aufgeführten Materialien sind die Beispiele 10 bis 12 faserig. Die Verwendung von faserigem Material ist vorteilhaft, indem dadurch der Brennerkopf eine erhöhte Kapazität zum Steigenslassen des Brennstoffes erhält. Genauer gesagt weist ein Brennerkopf, der vorwiegend aus partikelförmigem

Material besteht, die Fähigkeit auf, den Brennstoff mit einer Rate von $0,4 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$ steigen zu lassen, während ein vorwiegend aus faserigem Material bestehender Brennerkopf eine solche von $1,0 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$ aufweist.

Vorteilhafterweise weisen die faserigen Materialien eine Dicke von einigen Zehnteln μm bis ein μm auf. Obwohl das faserige Material allein in eine bestimmte Form gesintert werden kann, kann auch ein geeignetes Bindemittel verwendet werden. Geeignet sind jene Bindemittel, die die Betriebstemperatur des Brennerkopfes aushalten und nicht zur Bildung von teerähnlichen Substanzen neigen. Kolloidale Kieselerde fällt unter die geeigneten Bindemittel. Mit Vorteil weist der endgültige Brennerkopf eine Porösität von mindestens 50 % auf.

Die Verwendung von faserigem Material ergibt für den Brennerkopf eine erhöhte Festigkeit und ist auch darum vorteilhaft, weil eine höhere Porösität und eine erhöhte Fähigkeit zum Steigenlassen des Brennstoffes resultiert. Brennerköpfe mit hinreichender Festigkeit für die Handhabung weisen, wenn sie aus vorwiegend partikelförmigem Material hergestellt sind, höchstens eine Porösität von 60 % und eine Brennstoffsteigrate von $0,4 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$ auf, wenn sie aber aus vorwiegend faserigem Material hergestellt sind, mindestens eine Porösität von 90 % und eine Steigrate von $1,5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$ auf.

Unter Verwendung der oben beschriebenen Materialien haben die vorliegenden Ausführungsbeispiele ergeben, dass die Reduktion des entsprechenden Heizwertes weniger als 1 % des entsprechenden Wertes von üblichen Vorrichtungen entspricht. Tatsächlich sind die vorliegenden Vorrichtungen gut verwendbar und praktisch frei von Problemen, wie sie früher auftraten.

Der eingeschnürte Teil 12 der Vorrichtung nach Fig. 1 an der Grenze zwischen der ersten Brennkammer 10 und der zweiten Brennkammer 11 erzeugt die folgenden Wirkungen: Der eingeschnürte Teil 12 ermöglicht eine verbesserte Mischung zwischen dem Brennstoffdampf und der Sekundärluft, insbesondere bei niederen Heizleistungen. Bei einer Zunahme der Lichtweite (in Fig. 1 mit A bezeichnet) der Einschnürung 12 vermindert sich der Verbrennungswirkungsgrad bei niederen Heizleistungen und das

Abgas wird weniger sauber, jedoch steigt die maximal erreichbare Heizleistung für eine gegebene Einheitslänge der gesamten Brennkammer. Vorteilhafterweise hat die Einschnürung eine Lichtweite bis ca. 16 mm. Bei einer Abnahme der Lichtweite der Einschnürung 12 sinkt die maximal erreichbare Heizleistung für eine gegebene Einheitslänge der gesamten Brennkammer, so dass eine längere Brennkammer nötig ist, um die gewünschte maximale Heizleistung zu erreichen, was aber unwirtschaftlich ist. Fig. 5 zeigt Änderungen der Heizleistung in Abhängigkeit der Lichtweite der Einschnürung 12, wenn die gesamte Brennkammer eine Länge von 100 mm aufweist. Die Kurve A zeigt die Heizleistungen, wenn die Kohlenmonoxydkonzentration im Abgas grösser ist als 100 ppm. Die Kurve B zeigt die Heizleistungen, wenn die Druckdifferenz zwischen den Luftkammern 7 und der zweiten Brennkammer 11 $98,1 \text{ Pa}$ ($10 \text{ mm H}_2\text{O}$) beträgt. Fig. 5 zeigt, dass die Einschnürung am besten eine Lichtweite von ungefähr 9 mm aufweist, denn je grösser der Abstand zwischen den Kurven A und B ist, umso besser sind die Kennlinien. Lichtweiten von mehr als 18 mm erscheinen ungeeignet. Eine Einschnürung von sehr geringer Lichtweite ist unwirtschaftlich, jedoch für spezielle Anwendungen verwendbar, wenn kleine Heizleistungen gewünscht sind.

Vorteilhafterweise streben die Seitenwände, in welchen die Sekundärluftdurchgänge angeordnet sind, in Strömungsrichtung gesehen, von der Einschnürung weg unter einem gewissen Winkel auseinander. Wenn die gegenüberliegenden Wände parallel zueinander sind, bildet der Sekundärluftfluss einen Luftvorhang, welcher den Fluss des Fluids von der ersten Brennkammer 10 zur zweiten Brennkammer 11 wesentlich hindert. Der in Fig. 1 mit B bezeichnete Winkel ist vorteilhafterweise ungefähr 80° , obwohl der optimale Winkel etwas vom Sekundärluftdurchsatz abhängig ist.

Wenn die Sekundärluftdurchgänge 9 in der zweiten Brennkammer einander genau gegenüberliegend angeordnet werden, stossen die Sekundärluftströme aufeinander, was leicht zu gelben Flammen Anlass gibt, so dass Russ entsteht. Daher werden die Durchgänge 9 mit Vorteil gegeneinander versetzt angeordnet.

FIG. 1

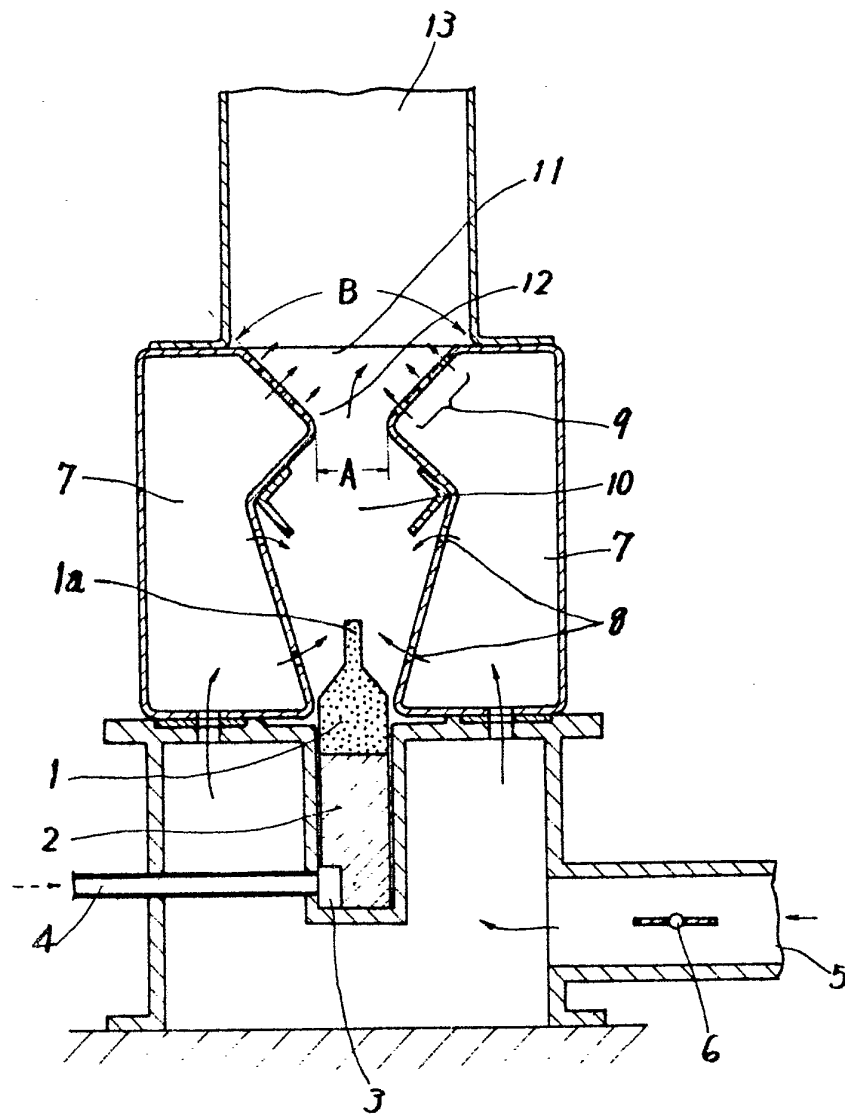


FIG.2

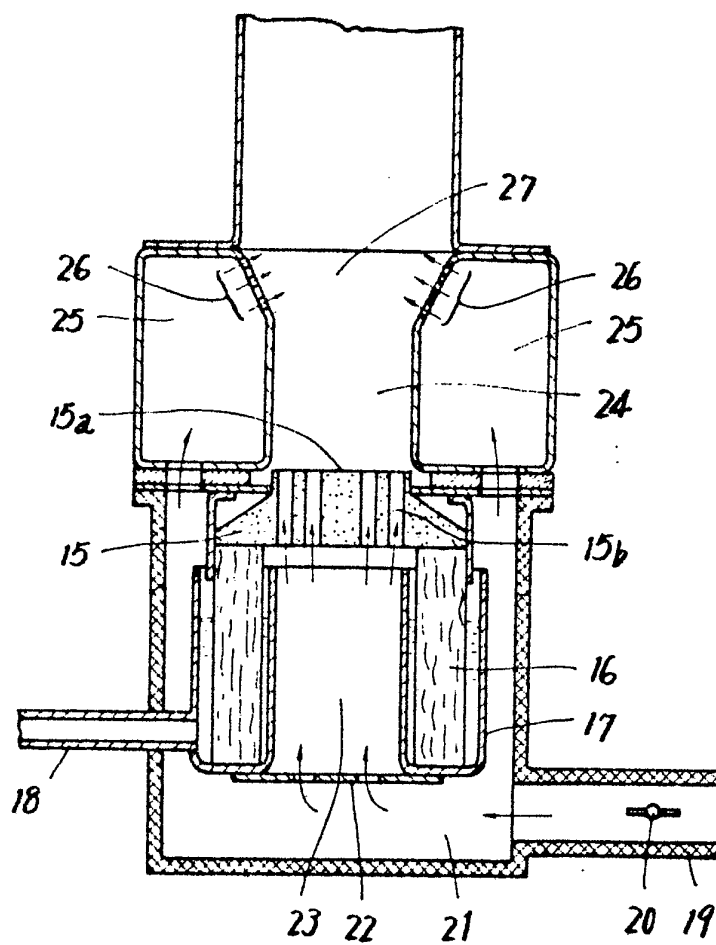


FIG. 3

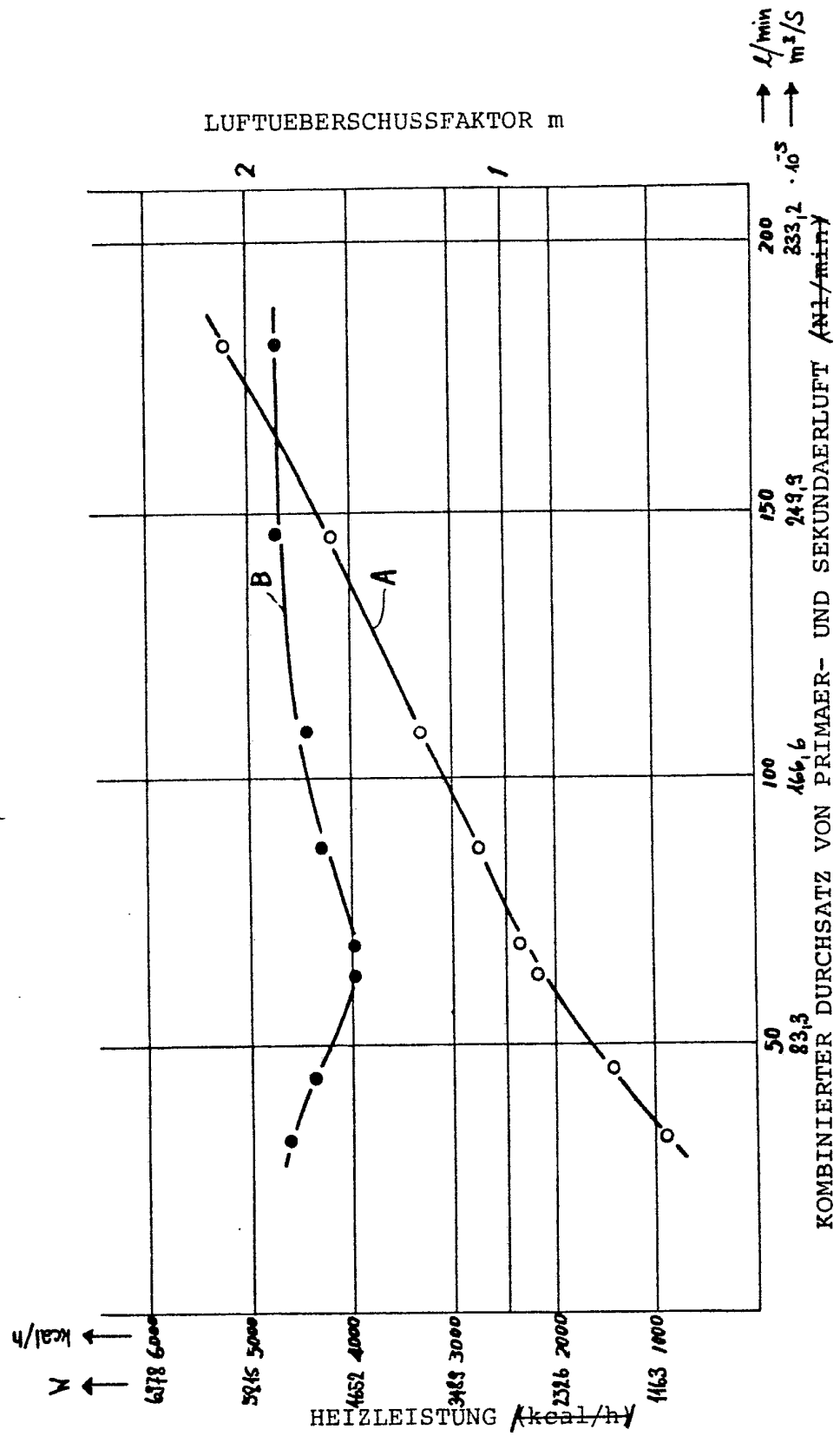


FIG. 4

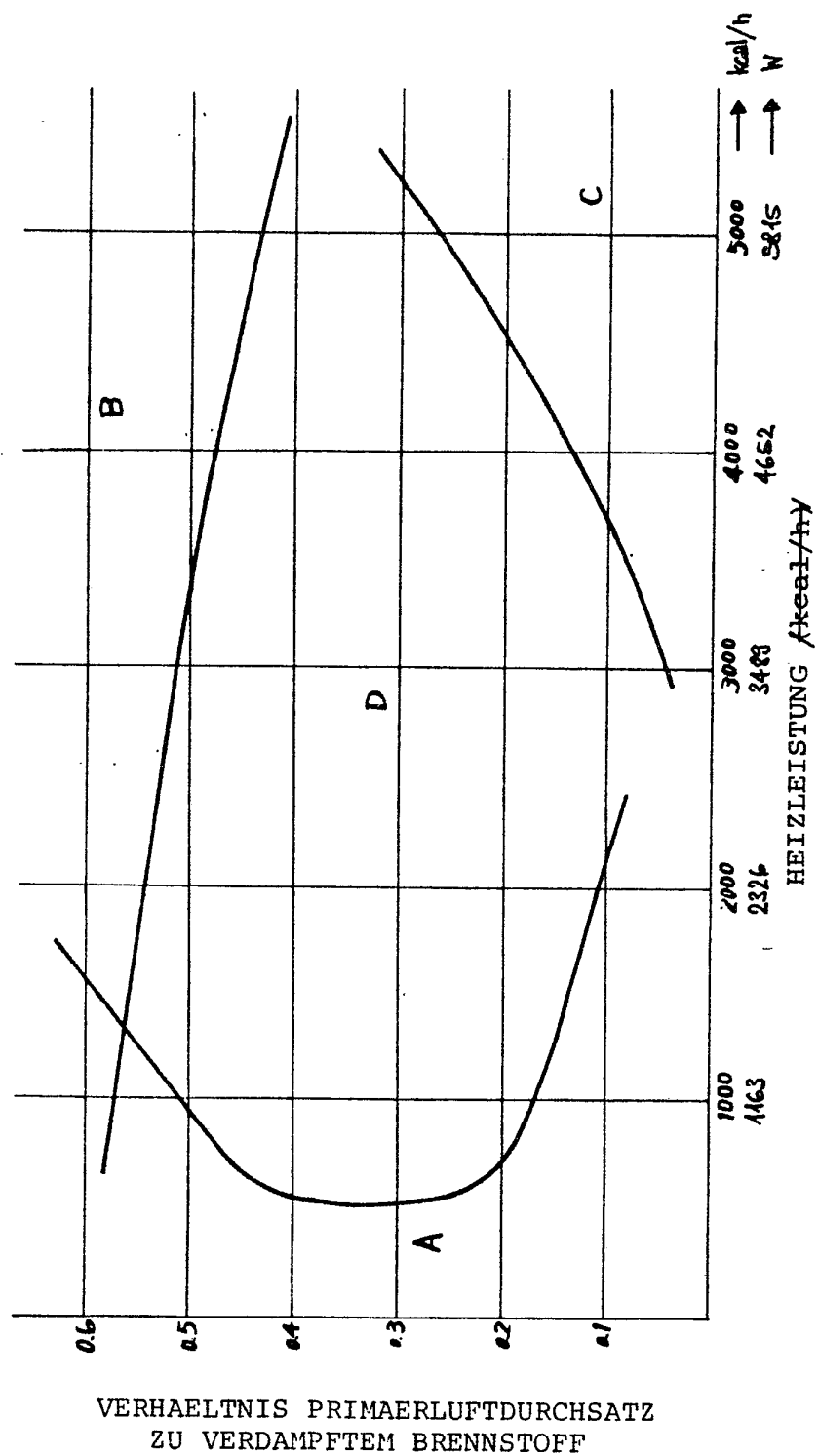


Fig. 5

