



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 478 T2 2004.11.25**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 094 273 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F23D 14/32**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 478.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 309 081.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **25.11.2004**

(30) Unionspriorität:

**420215                      18.10.1999                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**Air Products and Chemicals, Inc., Allentown, Pa.,  
US**

(72) Erfinder:

**Hoke, Jr., Bryan Clair, Bethlehem, US; Slavejkov,  
Aleksandar Georgi, Allentown, US; d'Agostini,  
Mark Daniel, Allentown, US; Lievre, Kevin Alan,  
Allentown, US; Pietrantonio, Joseph Michael,  
Fogelsville, US**

(74) Vertreter:

**Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung, um die Leistung einer Sauerstoff-Brennstoff Verbrennung mit einer Luft-Brennstoff Verbrennung aufrechtzuerhalten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Sauerstoff-Brennstoff-Verfahren und Einrichtungen zum Erzeugen von erhöhten Temperaturen in industriellen Schmelzöfen für solche verschiedenen Produkte wie zum Beispiel Metalle, Glas oder keramische Materialien. Speziell betrifft die vorliegende Erfindung die Verbrennung und Verfahren und Vorrichtungen für die Fortsetzung der Verbrennung für den Fall einer eingeschränkten oder begrenzten Verfügbarkeit von Sauerstoff für das Sauerstoff-Brennstoff-Verfahren.

**[0002]** Die Verwendung von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern in industriellen Verfahren wie Glasschmelzen ermöglicht es dem Ofenkonstrukteur, ein veränderliches Flammenmoment, Glasschmelz-Ergiebigkeit und Flammenstrahlungseigenschaften zu erreichen. Beispiele von solchen Brennern und Verbrennungsverfahren werden in den Druckschriften US-A-5 256 058, US-A-5 346 390, US-A-5 547 368 und US-A-5 575 637 beschrieben.

**[0003]** Ein besonders effektives Verfahren und eine Vorrichtung zum Nutzen der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung bei der Herstellung von Glas betrifft die Stufenverbrennung, die in der Druckschrift US-A-5 611 682 (entsprechend EP-A-0762050) offenbart wird.

**[0004]** Die Druckschrift EP-A-0532825 offenbart die Verwendung von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Zusatzbrenner in einem regenerativen Kreuzbrennerofen zum Glasschmelzen mit Luft-Brennstoff-Brennern. Der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner wird angeordnet und betrieben, um einen speziellen Bereich in der Schmelzkammer des Ofens ohne wesentliche Unterbrechung des Flammenmoments des Luft-Brennstoff-Brenners zu erwärmen. Der als Beispiel erläuterte Sauerstoff-Brennstoff-Brenner weist ein mittleres Brennstoff-Einspeisungsrohr auf, das konzentrisch mit einem Sauerstoff-Einspeisungsrohr angeordnet wird. Es gibt keine Erörterung davon, wie man den Ofen im Fall einer Unterbrechung oder Reduzierung der Sauerstoffzuführung für die Sauerstoff-Brennstoff-Flamme betreibt.

**[0005]** Zu Beginn der 90iger Jahre begannen die Glashersteller, die Öfen von der Luft-Brennstoff-Verbrennung auf Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung umzustellen. Die Sauerstoffanreicherung von einigen Luft-Brennstoff-Systemen wurde durchgeführt, wobei die Sauerstoffkonzentration um bis zu 30% erhöht wurde. Höhere Sauerstoffkonzentrationen im Bereich von 40–80% wurden wegen des erhöhten Potentials zum Bilden von NO<sub>x</sub>-Schadstoffen normalerweise nicht verwendet. Es wurde außerdem festgestellt, dass die Verwendung der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung, in der Sauerstoff in einer Konzentration zwischen 90 und 100% vorhanden ist, zu einer günstigeren Wirtschaftlichkeit für den Anwender führt.

**[0006]** Der hier verwendete Begriff „Luft“ bedeutet Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft, die 22 bis 80 vol.-% Sauerstoff enthält, es sei denn, dass aus dem Kontext eine eingeschränktere Bedeutung klar wird. Ähnlich bedeutet der Begriff „Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung“ eine Verbrennung mit Sauerstoff von 80 bis 100 vol.-%, es sei denn, dass aus dem Kontext eine eingeschränktere Bedeutung klar wird. Der hier verwendete Begriff „Vorbrenner“ enthält wiederum Brennerblöcke, es sei denn, dass aus dem Kontext eine eingeschränktere Bedeutung klar wird.

**[0007]** Viele der größeren Sauerstoff-Brennstoff-Glasöfen werden durch vor Ort mittels bekannter Tiefkühltechnik oder Vakuumwechsel-Adsorptionsverfahren hergestelltem Sauerstoff versorgt. Das übliche und bis heute einzige Verfahren zur Sicherung der Versorgung von vor Ort erzeugtem Sauerstoff ist es, einen Vorrat an flüssigem Sauerstoff am gleichen Ort aufzubewahren. Damit wird, wenn die Anlage zur Erzeugung vor Ort entweder wegen eines Verfahrensproblems oder für die regelmäßige Wartung abgeschaltet wird, der Vorrat an flüssigem Sauerstoff genutzt, um der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung den Sauerstoff zuzuführen. Dieses Verfahren zur Sicherung des vor Ort erzeugten Sauerstoffs erfordert große isolierte Tanks zum Speichern von Sauerstoff in flüssiger Form und Verdampfer, um den flüssigen Sauerstoff in gasförmigen Sauerstoff zur Verwendung im Sauerstoff-Brennstoff-Verfahren umzuwandeln. Es ist üblich, LKW's zu nutzen, um flüssigen Sauerstoff von einer größeren Luftabscheidungsanlage zum Ort zu befördern. Das Nutzen der Sicherung mit flüssigem Sauerstoff mit einem vor Ort erzeugtem Sauerstoffsystem ermöglicht es dem Anwender, die Anwendung eines Sauerstoff-Brennstoff-Verfahrens ohne Unterbrechung fortzusetzen. Jedes Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennungssystem, z.B. eines von denen, die in den oben erwähnten Patenten offenbart wurden, würde aus der Erzeugung vor Ort mit einem Sicherungssystem einen Nutzen ziehen.

**[0008]** Bis jetzt wurde die Sicherung von Sauerstoff-Brennstoff-Glasöfen mit einem Vorrat an flüssigem Sauerstoff nicht als ein Problem angesehen. Mit der Umwandlung jedoch von immer mehr Öfen an Orten mit Etagenöfen und der Verwendung der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung in Flach- oder Fließglasöfen, die viel grö-

ßer sind und mehr Sauerstoff brauchen, wird die Sicherung durch flüssigen Sauerstoff wegen der hohen Investitionskosten für Speichertanks und Verdampfer von erheblichen Interesse für den Anwender. Zusätzlich zum Kostenpunkt entsteht ein logistisches Problem bezüglich des Transports des flüssigen Sauerstoffs zum Ort und des Problems, genügend flüssigen Sauerstoff auf Abruf von einer nahe gelegenen Luftabscheidungsanlage verfügbar zu haben, die verwendet wird, um den flüssigen Sauerstoff zu erzeugen. Der Transport von flüssigem Sauerstoff zu Orten des Anwenders an entfernten Stellen wird ein noch größeres Problem, das mit größeren Schwierigkeiten verbunden ist.

**[0009]** Wenn ein Glasofen von Luft-Brennstoff auf Sauerstoff-Brennstoff umgestellt wird, werden Wärmerückgewinnungsvorrichtungen wie Wärmetauscher und Luftzuführungssysteme normalerweise entfernt. Einer der Anreize für den Anwender, auf Sauerstoff-Brennstoff umzustellen, sind reduzierte Investitionskosten auf Grund der Beseitigung der Wärmerückgewinnungsvorrichtungen. Auf Grund der Konstruktion des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners kann der Ofen in heute verwendeten herkömmlichen Verbrennungssystemen nicht einfach durch Austauschen von Luft gegen Sauerstoff betrieben werden. Die Druckanforderung, um eine äquivalente Menge des enthaltenen Sauerstoffs mittels Luft in einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner bereitzustellen, würde extrem hoch sein und ein kostspieliges Luftzuführungssystem erfordern. Ferner würden einige Sauerstoff-Brennstoff-Brenner schallflussbegrenzt sein, wenn sie mit einer äquivalenten Brennrate feuern würden.

**[0010]** Bei Anwendung der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung, in der die Sauerstoffzuführung eingeschränkt oder unterbrochen ist, ist es das übliche Verfahren, die Öfen in einem Zustand zu halten, der „Warmhalten“ genannt wird. Warmhalten ist ein Zustand, in dem die Produktion angehalten und der Ofen warm gehalten wird, so dass das Glas nicht aushärtet. Lässt man das Glas aushärten, würde das den Ofen schwer beschädigen. Mehrere Unternehmen spezialisieren sich auf das Aufheizen des Ofens nach den Instandsetzungsarbeiten am kalten Ofen. Sie verwenden speziell konstruierte Luft-Brennstoff-Brenner, um für das anfängliche Ansteigen der Temperatur im Ofen zu sorgen. Im Fall einer Unterbrechung der Sauerstoffzuführung könnten die gleichen Brenner verwendet werden, um genügend Wärme zum Warmhalten zu liefern. In diesem Verfahren würde man kein spezielles Temperaturprofil für die Produktion versuchen, wobei die maximale Temperatur, die bei diesen Einrichtungen erreicht wird, etwa 2200°F (1205°C) betragen könnte. Diese Temperatur ist für die Erzeugung von Glas nicht ausreichend und ist die am wenigsten bevorzugte Option, die von Glasherstellern genutzt wird. Die Kosten, das Glas nicht zu produzieren, sind für den Glashersteller angesichts der verloren gegangenen Produktverkäufe sowie der Unterbrechung der stromabwärts gelegenen Glasfertigungslinie, sehr hoch.

**[0011]** Daher gibt es einen eindeutigen Bedarf zur Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Aufrechterhaltung der Produktion in einem Ofen zur Glasherstellung in dem Fall einer Einschränkung oder Unterbrechung der Verfügbarkeit von Sauerstoff.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sicherung eines Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennungssystems mit einem Luft-Brennstoff-Verbrennungssystem, das mit oder ohne Sauerstoffanreicherung verwendet werden kann, um die Produktion in einem industriellen Ofen wie einem Glasschmelzofen aufrecht zu erhalten. Entsprechend der vorliegenden Erfindung wurde ein System erdacht, das den Betrieb sowohl im Sauerstoff-Brennstoff-Modus als auch im Luft-Brennstoff-Modus ermöglicht. Der Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung weist vorzugsweise eine einzigartige Eigenschaft in Bezug auf den Betrieb bei sehr niedriger Geschwindigkeit für den Sauerstoff-Brennstoff-Modus auf, was akzeptable Druckgefälle durch den Brenner beim Betrieb im Luft-Brennstoff-Modus ermöglicht. Ein Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Sauerstoffanreicherung nutzen, um das Verfahren durchzuführen.

**[0013]** In einer Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Aufrechterhaltung der Erwärmung eines Ofens auf eine erhöhte Temperatur mittels Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung bereit, wobei eine Sauerstoff-Brennstoff-Flamme in den Ofen eingeführt wird, wenn die Sauerstoffzuführung für die Flamme unterbrochen oder reduziert wurde, mit den Schritten:

Ersetzen der Sauerstoff-Brennstoff-Flamme mit einem Luftstrom, der aus Luft und mit Sauerstoff angereicherter Luft ausgewählt wird, die 22 bis 80 vol.-% Sauerstoff enthält, der in den Ofen bei einer Rate eingeführt wird, um näherungsweise die gleiche oder eine größere Brenner-Feuerungsrate wie während der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung aufrecht zu erhalten; und

Einführen eines getrennten Brennstoff-Stroms in den Ofen unter dem Luftstrom, um eine Luft-Brennstoff-Verbrennung bereitzustellen, die die Temperatur im Ofen aufrecht erhält.

**[0014]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein herkömmlicher Vorverbrenner, wie er in der Druckschrift US-A-5 611 682 beschrieben wurde, entweder für die Sauerstoff-Brennstoff- oder für die Luft-Brennstoff-Verbrennung verwendet werden, wobei man das Verbrennungssystem rasch zwischen den beiden Moden umstel-

len kann. Wenn ein Problem mit der Sauerstoffzuführung auftritt, würden die Sauerstoff-Brennstoff-Brenner abgeschaltet, getrennt und durch Luft-Brennstoff-Sicherungsbrenner ersetzt werden, die die gleiche Konfiguration für die Verbindung mit dem Vorverbrenner aufweisen. Mit dem Luft-Brennstoff-Sicherungssystem würde der Anwender die Luftzuführungssysteme von vorherigen, im Schmelzvorgang verwendeten Luft-Brennstoff-Systemen behalten oder es würden Luftgebläse als Teil des Sicherungssystems bereitgestellt werden. Luft-Brennstoff-Brenner entsprechend der vorliegenden Erfindung sollten in der Lage sein, mit Raten zu feuern, die wesentlich höher sind als die Sauerstoff-Brennstoff-Brenner.

**[0015]** In einer anderen Ausführungsform ist die vorliegende Erfindung ein Verbrennungssystem von der Art mit einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, der angepasst ist, um mit einem an dem Brenner angebrachten Vorverbrenner eine Flamme zu erzeugen, wobei der Vorverbrenner einen ersten Durchgang mit einem Einlass an einem Brennerende des Vorverbrenners, wobei sich der Einlass in fluiddichter Beziehung zu einem Flammenende des Brenners befindet, und mit einem Auslass an einem Auslassende des Vorverbrenners, wobei der Auslass angepasst ist, um die von dem Brenner erzeugte Flamme zur Erwärmung unter Industriebedingungen in eine im Allgemeinen flache, fächerartige Konfiguration zu richten, und einen getrennten zweiten Durchgang in dem Vorverbrenner aufweist, der unter dem ersten Durchgang angeordnet ist, und sich gemeinsam mit diesem erstreckt, wobei der zweite Durchgang in einem Düsenende an dem Auslassende des Vorverbrenners endet, um ein oxidierendes, fluides Medium unter und im Allgemeinen parallel zu der Flamme zu richten, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiterhin eine Luftzuführungsanordnung zur Einführung von Luft oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft durch den Brenner in den ersten Durchgang des Vorverbrenners statt der Flamme und eine Brennstoffzuführungsanordnung zur Einführung von Brennstoff in den zweiten getrennten Durchgang in dem Vorverbrenner statt des oxidierenden fluiden Mediums aufweist, wodurch das Verbrennungssystem die Befuerung der industriellen Umgebung in dem Fall fortsetzen kann, dass die Sauerstoff-Zuführung unterbrochen oder reduziert wird.

**[0016]** Normalerweise ist der Vorverbrenner zwischen 4 und 18 Zoll (19 und 45 cm) lang. Vorzugsweise weisen der erste Durchgang und der zweite Durchgang jeweils ein Verhältnis Breite zu Höhe von zwischen 5 zu 30 am Auslassende des Vorverbrenners auf, wobei die Breite der Durchgänge in einem Winkel zwischen  $-15^\circ$  und  $+30^\circ$ , speziell  $0^\circ$  bis  $+15^\circ$ , an jeder Seite der zentralen, vertikalen Ebene durch den Vorverbrenner angeordnet wird.

**[0017]** In einem Ausführungsbeispiel erwägt die vorliegende Erfindung, das Abgasvolumen in einem Ofen, der entsprechend dem zuvor erwähnten Verfahren und der Vorrichtung der Erfindung erwärmt wurde, durch Kühlen der den Ofen verlassenden Abgase mit flüssigem Wasser zu reduzieren.

**[0018]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sicherung eines Sauerstoff-Brennstoff-Heizsystems mit einem Luft-Brennstoff-Heizsystem. Gemäß der Erfindung kann das sichernde Luft-Brennstoff-System mit oder ohne Sauerstoffanreicherung der Luft betrieben werden. Der Brenner entsprechend der Erfindung ermöglicht mindestens zwei verschiedene Betriebsmoden, d. h. Sauerstoff-Brennstoff und Luft-Brennstoff. Eine bevorzugte Eigenschaft des Brenners ist der Betrieb bei sehr niedriger Geschwindigkeit für den Sauerstoff-Brennstoff-Modus, wobei damit bei Betrieb im Luft-Brennstoff-Modus akzeptable Druckgefälle durch den Brenner ermöglicht werden.

**[0019]** Der gleiche Vorverbrenner kann während entweder des Sauerstoff-Brennstoff- oder des Luft-Brennstoff-Betriebs verwendet werden, wobei man das Verbrennungssystem rasch von einem Modus in den anderen umstellen kann. In dem Fall, in dem der Bediener auf ein Problem mit der Sauerstoffzuführung trifft, würden die Sauerstoff-Brennstoff-Brenner abgeschaltet, getrennt und durch Luft-Brennstoff-Sicherungsbrenner ersetzt werden, die die gleiche Verbindung zum Vorverbrenner aufweisen. Bei einem Luft-Brennstoff-Sicherungssystem könnte ein Glashersteller dessen vorhandene Luftzuführungssysteme behalten, die vorhanden sind, bevor auf Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung umgestellt wird oder es werden Gebläse als Teil des Sicherungssystems bereitgestellt. Es ist wichtig, dass die Luft-Brennstoff-Sicherungsbrenner mit einer Rate feuern können, die wesentlich höher ist als die der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, die ersetzt werden.

**[0020]** Die höhere Feuerungsrate für den sichernden Luft-Brennstoff-Brenner ist auf Grund der zusätzlichen Energieverluste, die durch die Erwärmung und den Ausstoß von Stickstoff verursacht werden, erforderlich. Des Weiteren wird die für die Verbrennung in einem Sicherungssystem verwendete Luft typischerweise nicht vorgewärmt, was zu einem Absinken der Leistungsfähigkeit des Ofens im Verhältnis zu einem typischen Luft-Brennstoff-Ofen führt. Eine vereinfachte thermodynamische Berechnung veranschaulicht die Notwendigkeit, die Feuerungsrate des Brennstoffs zu steigern, wenn nicht vorgewärmte Luft für die Verbrennung verwendet wird. Die Voraussetzungen für dieses Beispiel sind: Brennstoff und Sauerstoff reagieren vollständig, wobei

kein überschüssiger Sauerstoff und keine Zwischenprodukte übrig bleiben; alle Gase (z. B. Methan, Luft oder Sauerstoff) gelangen in den Ofen bei 77°F (25°C) und alle Gase strömen aus dem Ofen bei 2800°F (1540°C) nach der vollständigen Verbrennung aus. Unter diesen Bedingungen ist das 2,65 fache der Feuerungsrate erforderlich, wenn mit Luft geheizt wird, verglichen mit dem Beheizen mit 100 % Sauerstoff, um die gleiche verfügbare Wärme aufrecht zu erhalten. Die verfügbare Wärme ist die Energie, die zu der Charge und wegen des Wärmeverlustes vom Ofen übertragen wurde.

**[0021]** Damit wird die gesamte volumetrische Durchflussrate des Oxidationsmittels drastisch ansteigen, wenn die Durchflussrate des Sauerstoffs reduziert wird. Das Volumen des Oxidationsmittelstroms wird um einen Faktor von 4,76 auf Grund der Beimengung von Stickstoff und einem zusätzlichen 2,65 fachen wegen der Anforderung der höheren Feuerungsrate erhöht. Das bedeutet, dass die Durchflussrate des Oxidationsmittelstroms um etwa das 12,6 fache erhöht wird, wenn die Luft vollständig gegen Sauerstoff ausgetauscht wird.

**[0022]** Eine Hauptsache bei der Verwendung der Luft-Brennstoff-Verbrennung in einer Sauerstoff-Brennstoff-Brennergruppe ist der Druck der Luftzuführung, der erforderlich ist, um die benötigten höheren Gasvolumen anzupassen. Die vorliegende Erfindung nutzt vorzugsweise ein Oxidationsmittelsystem für niedrige Geschwindigkeiten. Damit ist das Druckgefälle niedrig genug, um die Verwendung von relativ kostengünstigen Luftgebläsen zu ermöglichen, selbst wenn in einem Luft-Brennstoff-Modus geheizt wird, während die Feuerungsrate der Brenner gleich oder größer als jene gehalten werden, die beim Sauerstoff-Brennstoff-Beheizen verwendet werden. Dieses wiederum berücksichtigt die Fortsetzung der Produktion, wenn ein Anwender, z. B. ein Glasschmelzer, während eines Ausfalls oder einer Einschränkung der Sauerstoffzuführung im Notfall, im Sicherungsmodus arbeitet.

**[0023]** Sauerstoff-Brennstoff-Brenner mit Oxidationsmittelgeschwindigkeiten, die an einem beliebigen Punkt in der Brennerkonstruktion größer sind als 90 ft/s (27 m/s), werden bei einer äquivalenten Feuerungsrate schallbegrenzt sein, wenn Luft als das Oxidationsmittel bei voller Produktion verwendet wird. Die Schallgeschwindigkeit wird definiert durch die Gleichung

$$a = \sqrt{kRT},$$

wobei k das Verhältnis der spezifischen Wärmen (1,4 für Luft), R die Gaskonstante (287 J/kg K) und T die absolute Temperatur ist. Die Schallgeschwindigkeit beträgt für Luft bei 77°F (25°C) 1135 ft/s (346 m/s). Für einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner mit einer Sauerstoff-Geschwindigkeit von 100 ft/s (30 m/s) wird die äquivalente Durchflussrate bei Verwendung von Luft das 12,6 fache der Größenordnung oder 1260 ft/s (385 m/s) betragen, eine Geschwindigkeit, die größer ist als die Schallgeschwindigkeit. Daher muss, um eine Schallgrenze zu umgehen, der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner mit einer Sauerstoff-Geschwindigkeit von weniger als 90 ft/s (27 m/s) konstruiert sein, wenn ein vollständiger Luftaustausch gegen Sauerstoff verwendet werden soll, ohne dass irgend ein Teil der Brennergruppe gewechselt wird. Alternativ kann diese Grenze entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung umgangen werden, in der der Brennerkörper gewechselt wird, wenn zwischen den Betriebsmoden umgeschaltet wird. Der Vorverbrenner sollte so konstruiert sein, dass die Anströmungsgeschwindigkeit niedriger ist als die Schallgeschwindigkeit für den Luft-Brennstoff-Betrieb.

**[0024]** Die Form der Flamme ist ebenso von Interesse für herkömmliche Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, die mit dem 2,65 fachen von deren Feuerungskapazität betrieben werden, besonders mit dem 12,6 fachen der volumetrischen Durchflussrate durch die Durchgänge der (den Durchgang des) Oxidationsmittel(s). Ein unten offenes Ausführungsbeispiel der Erfindung stellt eine geeignete Flammenform sowohl für den Sauerstoff-Brennstoff- als auch für den Luft-Brennstoff-Betrieb zur Verfügung.

**[0025]** Bedenken in Bezug auf den Zuführungsdruck des Oxidationsmittels, der Geschwindigkeitsbegrenzungen und der Flammenform können gemäß der vorliegenden Erfindung überwunden werden. Wir haben es als möglich erachtet, es einem Anwender zu ermöglichen, vom Sauerstoff-Brennstoff-Beheizen auf Luft-Brennstoff-Beheizen durch Verwendung des gleichen Vorverbrenners umzuschalten, wenn der Brennerkörper eines Cleanfire® HR™ Brenners, der auf dem Markt durch Air Products and Chemicals Inc., Allentown, Pennsylvania angeboten wird, modifiziert wird.

**[0026]** Das Folgende ist eine nur beispielhafte Beschreibung und mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen eines gegenwärtig bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung. In den Zeichnungen zeigen:

**[0027]** Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Vorrichtung für die gestufte Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung;

[0028] Fig. 2 eine Ansicht, längs der Linie 2-2 von Fig. 1 genommen;

[0029] Fig. 3 eine schematische, perspektivische Ansicht einer Vorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung;

[0030] Fig. 4 eine Vorderansicht des Vorverbrenners der Vorrichtung von Fig. 3;

[0031] Fig. 5 eine grafische Darstellung einer normalisierten Methan-Durchflussrate gegen eine normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate für Bedingungen von der Null-Produktion zur vollen Produktion;

[0032] Fig. 6 eine grafische Darstellung der Sauerstoffkonzentration gegen die normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate für die Produktionsraten von Fig. 5;

[0033] Fig. 7 eine grafische Darstellung der normalisierten Abgas-Durchflussrate gegen die normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate für verschiedene Produktionsraten;

[0034] Fig. 8 eine grafische Darstellung einer normalisierten Abgas-Durchflussrate nach der Vermischung mit Luft gegen die Sauerstoff-Durchflussrate für Produktionsraten zwischen Null und voller Produktion; und

[0035] Fig. 9 eine grafische Darstellung einer normalisierten Abgas-Durchflussrate nach der Vermischung mit Wasser gegen die normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate für die Ofenproduktion von Null zur vollen Produktion.

[0036] Mit Bezug auf Fig. 1 enthält eine Stufenverbrennungsvorrichtung 10 einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner 12 und einen Vorverbrenner 14. Der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner 12 enthält einen mittleren Kanal 16 zur Aufnahme eines Brennstoffs wie Erdgas, welches durch Pfeil 18 angezeigt wird. Eine Sauerstoffquelle, die durch Pfeil 22 angezeigt wird, wird in einen Durchgang eingeführt, der sich zwischen dem Brennstoffkanal 16 und einem äußeren konzentrischen Kanal 22 befindet. Der Brenner wird in der Druckschrift US-A-S 611 682 ausführlich beschrieben. Das Flammenende des Brenners 12 wird an das Brennerende 28 des Vorverbrenners 14 angepasst und wird in fluidichter Beziehung dazu gehalten. Der Vorverbrenner 14 enthält einen ersten oder mittleren Durchgang 26, der sich vom Brennerende 24 zu einem Auslassende 28 des Vorverbrenners 14 erstreckt. Der Durchgang 26 weist eine Breite auf, die größer ist als die Höhe und hat eine auseinander laufende Form, wie in der Druckschrift US-A-5 611 682 gezeigt und beschrieben wird. Um eine Stufenverbrennung aufzuweisen, wird durch Pfeil 30 dargestellter Stufen-Sauerstoff in einen zweiten Durchgang 32 im Vorverbrenner 14 eingeführt. Der Durchgang 32 weist eine Form auf, die auf jene des mittleren Durchgangs 26 abgestimmt ist, und hat ebenso eine größere Breite als Höhe, wie veranschaulicht und wiederum in der Druckschrift US-A-S 611 682 ausführlich beschrieben wird.

[0037] Mit Bezug auf Fig. 2 weist der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner 12 am Brennerende 24 des Vorverbrenners 14 ein Auslassende mit einem mittleren Brennstoffkanal 16 auf, der vom Sauerstoff-Durchgang 22 umgeben wird. Der Stufen-Sauerstoff tritt aus einem Durchgang 31 aus, der gemäß Fig. 2 unter dem Kanal 16 für die Sauerstoff-Brennstoff-Flamme angeordnet wird.

[0038] Fig. 3 zeigt eine Verbrennungsvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung. Die Verbrennungsvorrichtung 40 enthält einen Vorverbrenner 14, der mit dem Vorverbrenner 14 von Fig. 1 identisch ist. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist der Brenner 42 dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner 12 von Fig. 1 ähnlich, mit einer Einrichtung 44, um die Einführung von Luft (oder mit Sauerstoff angereicherter Luft) in einen oberen Durchgang 50 von Brenner 42 zu ermöglichen. Der Brenner 42 ist außerdem angepasst, Luft durch Durchgang 48 von Brenner 42 in den oberen Durchgang 50 einzuführen, in dem Oxidationsmittel von den Durchgängen 44 und 48 vermischt werden. Pfeil 46 stellt die Einführung von Luft in die Einrichtung 44 dar, die wiederum die Luft in den Durchgang 50 einführt. Pfeil 56 stellt die Einführung von Luft in den Durchgang 48 dar. Die Luft bewegt sich vom Durchgang 50 in den mittleren Durchgang 26 des Vorverbrenners und tritt zum Ofen aus.

[0039] Wenn der Brenner von Sauerstoff-Brennstoff- auf Luft-Brennstoff-Befeuern umgestellt wird, wird die Zuführung von Stufen-Sauerstoff (durch Pfeil 30 in Fig. 1 angezeigt) durch Brennstoff ersetzt, durch Pfeil 54 dargestellt, so dass Brennstoff, der mit Sauerstoff angereichert sein kann, aus dem Durchgang 32 des Vorverbrenners 14 austritt. In Fig. 4 werden die Durchgänge 26 und 32 am vorderen Ende des Vorverbrenners 14 schematisch gezeigt, wobei Durchgang 26 verwendet wird, um Luft in den Ofen einzuführen und Durchgang 32 verwendet wird, um Brennstoff in den Ofen einzuführen. Wenn der Brenner 42 im Luft-Brennstoff-Befeuernsmodus verwendet wird, strömt die Luft durch Durchgang 26, wobei der Brennstoff durch Durchgang 32

strömt. Die Konstruktion des Vorverbrenners ist derart, dass auf Grund des Umwälzungsbereiches zwischen den beiden Öffnungen eine stabile Flamme errichtet wird.

**[0040]** Zusätzlich zu der einfachen Fähigkeit des Luft-Brennstoff-Befeuerns, ermöglicht es die Einrichtung der vorliegenden Erfindung, verschiedene Grade der Sauerstoffanreicherung durchzuführen. Die Verwendung der Anreicherung mit Sauerstoff verbessert die Flexibilität während des Betriebs im Sicherungsmodus durch Verringern der Verwendung von Sauerstoff, der von einem Speicher für Flüssigsauerstoff zugeführt wird. Es ermöglicht außerdem die Einregulierung der Flammenlänge durch Hinzufügen von Sauerstoff in den Luftstrom.

**[0041]** Ergänzender Sauerstoff kann durch verschiedene Verfahren zugeführt werden. Zum Beispiel kann die Luft mit Sauerstoff angereichert werden, es könnten Sauerstoffanlagen durch entweder einen von beiden, oder sowohl den Hauptdurchgang **26** des Vorverbrenners **14** als auch den Stufen-Anschluss **32** zugeführt werden, oder es könnten getrennte Sauerstoffanlagen in einem Abstand weg vom Vorverbrenner **14** oder dem Stufen-Anschluss **32** installiert werden. Durch den Stufen-Anschluss mit dem Erdgas eingeführter Sauerstoff könnte Mittel bereitstellen, um Ruß für eine bessere Strahlungswärmeübertragung auf die Ofencharge zu erzeugen.

**[0042]** Die Verwendung des Verfahrens und der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung macht es möglich, die maximale Temperatur und die Temperaturverteilung, die für die Herstellung von Glas benötigt wird, aufrecht zu erhalten. Sauerstoffanreicherung oder Sauerstoff-Brennstoff-Befeuern sollten vorzugsweise bei Brennern mit den höchsten Feuerungsraten nahe dem heißen Fleck im Ofen verwendet werden. Dieses wird die für diese Brenner benötigte Durchflussrate und das Druckgefälle reduzieren. Außerdem erhöht Sauerstoff die Spitzentemperatur der Flamme und erhöht dabei die Wärmeübertragungen im heißen Fleck. Es ist bekannt, dass ein heißer Fleck in Öfen zur Glasherstellung erforderlich ist, um geeignete Konvektionszellen in der Glasschmelze zu errichten, die zum Herstellen von Glas mit einer akzeptablen Qualität notwendig sind.

**[0043]** Während andere Luft-Brennstoff-Technologien verwendet werden können, um Warmhaltezustände aufrecht zu erhalten, soll es die vorliegende Erfindung dem Anwender ermöglichen, die Produktion fortzusetzen. Die minimale Feuerungsrate, die durch das Luft-Brennstoff-Sicherungssystem gewöhnlich zur Verfügung gestellt wird, ist derart, dass mindestens 20 % der beabsichtigten Produktionsrate aufrecht erhalten werden kann. Man glaubt, dass diese Produktionsrate ausreichend ist, um es einen Hersteller von Floatglas zu ermöglichen, ein durchgehendes Glasband im Floatbad aufrecht zu erhalten.

**[0044]** Sauerstoff-Brennstoff-Brenner für höhere Geschwindigkeiten könnten für einen Betrieb mit niedrigen Geschwindigkeiten durch Hinzufügen von einem oder mehreren Einlassanschlüssen modifiziert werden, um die hier offenbarte Technologie zu verwenden. Diese Anschlüsse könnten normalerweise geschlossen werden oder zum Stufen während des Sauerstoff-Brennstoff-Betriebs verwendet werden. Außerdem könnten einer oder mehrere zusätzliche Einlassanschlüsse bei gleichzeitigem Betrieb vor dem Beginn der Luft-Brennstoff-Sicherung durch Bohren eines Lochs in die feuerfeste Wand an einer Stelle in der Nähe des Brenneranschlusses hinzugefügt werden.

**[0045]** Eine andere Alternative für Öfen, die Brenner für höhere Geschwindigkeiten verwenden, ist das Ersetzen der Vorverbrenner durch Blöcke mit größeren Öffnungen, um das Druckgefälle zu reduzieren. Bei diesem Verfahren gibt es die Gefahr, dass während des Ersetzungsvorganges fremdes, feuerfestes Material in die Glasschmelze eingeführt wird, wodurch Glasfehler verursacht werden könnten. Des Weiteren erfordert das Ersetzen der Vorverbrenner eine beträchtliche Zeit, die möglicherweise zu lang ist, um eine Unterbrechung der Produktion zu vermeiden.

**[0046]** Fig. 5 zeigt die Methan-Durchflussrate, die für die Warmhaltezustände erforderlich ist (Null Produktionsrate: gestrichelte Linie), 20 % (gepunktete Linie), 50 % (Strich-Punkt-Linie) und volle Produktionsbedingungen (durchgehende Linie), in der Annahme, dass zum Beispiel 35 % der verfügbaren Wärme für die Wärmeverluste der Ofenwand unter vollen Produktionsbedingungen erforderlich sind. Ein Warmhalten könnte bei geringeren Feuerungsraten erreicht werden, als es die grafische Darstellung zeigt, da die gesamte Ofentemperatur gesenkt würde, wodurch die Wärmeverluste der Wand reduziert werden. Diese grafische Darstellung geht davon aus, dass die Wärmeverluste gleich bleiben, unabhängig von der Produktionsrate oder der Verwendung von Sauerstoff. Die Methan-Durchflussrate wird, basierend auf der Methan-Durchflussrate für die volle Produktion mit 100 % Sauerstoff-Brennstoff, normalisiert, wobei die Sauerstoff-Durchflussrate, basierend auf der Sauerstoff-Durchflussrate für die volle Produktion mit 100 % Sauerstoff-Brennstoff, normalisiert wird. Die normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate beträgt 1,0, wenn das ganze Oxidationsmittel für die Verbrennung durch die Sauerstoffquelle zugeführt wird (keine Luft) und Null, wenn das ganze Oxidationsmittel für die Verbrennung

durch Luft zugeführt wird.

**[0047]** Fig. 6 ist eine entsprechende grafische Darstellung der Sauerstoffkonzentration als eine Funktion der normalisierten Sauerstoff-Durchflussrate für jede der in Fig. 5 gezeigten Durchflussraten.

**[0048]** Wie durch Punkt A in Fig. 5 angezeigt wird, ist bei Warmhalten nur mittels Luft als Oxidationsmittel für die Verbrennung (Null normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate) die Methan-Durchflussrate etwa die Gleiche, wie sie für 100 % Sauerstoff-Brennstoff bei voller Produktion erforderlich ist (normalisierter Wert gleich 1). Das Warmhalten könnte auch bei 35 % der Sauerstoff-Durchflussrate bei voller Produktion mit 35 % der Methan-Durchflussrate bei voller Produktion (Punkt B) aufrecht erhalten werden. Mit Bezug auf Fig. 6 (Punkt B) entspricht der durch Punkt B dargestellte Betriebszustand 100 % Sauerstoff-Brennstoff ohne Luftbeimischung.

**[0049]** Fig. 5 zeigt, dass die Sauerstoff-Durchflussrate und die Methan-Durchflussrate jeweils um die Hälfte reduziert werden können, um 20 % der vollen Produktion zu erzeugen. Dieses bedeutet, dass, wenn die Produktion auf 20 % der vollen Produktionsrate begrenzt wird, die gespeicherte Sauerstoff-Zuführung zweimal so lange dauern kann. Gemäß Fig. 6 entspricht dieses 100 % Sauerstoff-Brennstoff-Befeuern.

**[0050]** Bei einer Produktion von 50 % könnte die Sauerstoff-Durchflussrate auf die Hälfte der Durchflussrate der vollen Produktion und Methan auf etwa 95 % der Durchflussrate der vollen Produktion reduziert werden. Gemäß Fig. 6 würde die Sauerstoff-Konzentration für diesen Betriebszustand etwa 35 % betragen.

**[0051]** Die Abgastemperatur eines Sauerstoff-Brennstoff-Ofens ist höher als ein entsprechender Luft-Brennstoff-Ofen nach der Wärmerückgewinnungseinrichtung. Glashersteller müssen daher die Temperatur der Produkte der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung durch irgendein Verfahren reduzieren, bevor die Gase in die aus Metall hergestellten Bereiche des Abzugssystems gelangen. Auf Grund der gegenwärtigen Regelungen über die Luftverschmutzung beinhaltet die Brenngasbehandlung für Glasöfen typischerweise Staubabscheidungseinrichtungen wie elektrostatische Staubabscheider oder Schlauchfilter. Diese Einrichtungen weisen eine maximale Betriebstemperatur auf, die erheblich niedriger ist als die Abgastemperatur des Sauerstoff-Brennstoff-Ofens, typischerweise um 1000°F (540°C). Daher müssen die Abgase durch kalte (umgebende) Mischluft vor diesen Anlagen gekühlt werden.

**[0052]** Wenn in einem für die Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung konstruierten Ofen Luft gegen Sauerstoff ausgetauscht wird, wird das Abgasvolumen wesentlich zunehmen. Fig. 7 zeigt, wie die Abgas-Durchflussrate ansteigt, wenn für verschiedenen Produktionsraten Luft gegen Sauerstoff ausgetauscht wird. Es werden die gleichen Voraussetzungen hinsichtlich der Einlass- und Auslasstemperaturen und der Wärmeverluste verwendet, um diese Darstellung zu erzeugen, wie sie für die vorhergehenden Darstellungen verwendet wurden. Die Abgas-Durchflussrate wird mit Bezug auf die Abgas-Durchflussrate für die volle Produktion mit 100 % Sauerstoff-Brennstoff normalisiert. Für die volle Produktion wird die Abgas-Durchflussrate um mehr als das Neunfache erhöht, wenn Sauerstoff vollständig durch Luft ersetzt wurde. Mehr als das Dreifache der Abgas-Durchflussrate kann im Warmhaltezustand erwartet werden, in dem die Luft vollständig den Sauerstoff ersetzt.

**[0053]** Im Ergebnis der erhöhten Strömung des heißen Abgases muss viel mehr Mischluft bereitgestellt werden, um die Temperatur auf den gleichen Pegel zu senken, bevor die Gase in den Metallbereich des Abzugssystems eindringen. Fig. 8 zeigt das Ergebnis von thermodynamischen Berechnungen, in denen Ofenabgase von 2800°F (1540°C) mit Luft von 77°F (25°C) vermischt werden, um eine Gasströmung von 1000°F (540°C) zu erzeugen, was eine für den Metallbereich des Abzugssystems geeignete Temperatur ist. Die normalisierte Abgas-Durchflussrate nach der Vermischung mit Luft wird als eine Funktion der normalisierten Sauerstoff-Durchflussrate grafisch dargestellt. Der Abgas-Durchfluss wird mit Bezug auf den Fall der vollen Produktion mit 100% Sauerstoff-Brennstoff normalisiert, in der Abgase von 2800°F (1540°C) mit Luft von 77°F (25°C) vermischt werden, um einen Gasstrom von 1000°F (540°C) zu erzeugen. Wenn unter vollen Produktionsbedingungen Luft gegen Sauerstoff ausgetauscht wird und die Abgase mit Luft von 77°F (25°C) vermischt werden, um einen Strom von 1000°F (540°C) zu erzeugen, würde die sich daraus ergebende Abgas-Durchflussrate größer als das 7,5 fache des vollen Sauerstoff-Brennstoff-Falls sein. Rauchabzugssysteme sind auf Grund der Begrenzung des Druckgefälles nicht in der Lage, mit dieser Menge eines Anstiegs durchweg umzugehen. Der Ofendruck würde ansteigen und möglicherweise zu einem konstruktionsbedingten Ausfall führen.

**[0054]** Es gibt verschiedenen Möglichkeiten, mit dem ansteigenden Abzugs-Gasvolumen umzugehen: z. B., reduzierte Produktion, Sauerstoffanreicherung für die Verbrennung, alternative Wege des Kühlens des Abzugsgases (z. B. mit Wasser), das Nutzen zusätzlicher Ausströmfähigkeit der Abzugsgase, Umgehen des Abschnitts für die Behandlung der Abzugsgase oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser obigen Ver-

fahren. Ein bevorzugtes Verfahren, das erhöhte Volumen der Rauchabzugsgase aufzulösen ist es, in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, das Kühlen mit Wasser, die reduzierte Produktion und, wenn nötig, die Sauerstoffanreicherung für die Verbrennung zu kombinieren.

**[0055]** Fig. 9 zeigt die Ergebnisse einer thermodynamischen Berechnung, in der flüssiges Wasser bei 77°F (25°C) für Verdunstungskühlen durch direkte Berührung sorgt. Die normalisierte Abgas-Durchflussrate nach der Vermischung mit Wasser wird gegen die normalisierte Sauerstoff-Durchflussrate grafisch dargestellt. Der Abgas-Durchfluss wird mit Bezug auf den Fall der vollen Produktion mit 100 % Sauerstoff-Brennstoff normalisiert, in der Abgase von 2800°F (1540°C) mit Luft von 77°F (25°C) vermischt werden, um einen Gasstrom von 1000°F (540°C) zu erzeugen. Die Abbildung zeigt, dass das Abgasvolumen um 50 % für die volle Produktion des Sauerstoff-Brennstoff-Betriebs reduziert werden kann, wenn Wasser gegen Luft als Kühlmittel im Abgasstrom ausgetauscht wird. Für den Fall der vollen Produktion, die Luft an Stelle von Sauerstoff für die Verbrennung verwendet, wobei Wasser für das Kühlen der Abgase verwendet wird, ist die Abgas-Durchflussrate das 3,6 fache des Basisfalls der vollen Produktion im vollen Sauerstoff-Brennstoff-Fall. Für eine Produktion zu 50 %, die Luft an Stelle von Sauerstoff als das Oxidationsmittel verwendet, ist das Volumen des Abgasstroms etwa 2,5 mal größer als der Basisfall der vollen Produktion im vollen Sauerstoff-Brennstoff-Fall.

| Bevorzugtes Ausführungsbeispiel                                                                       | Alternatives Ausführungsbeispiel                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Sauerstoff-Brennstoff und Luft-Brennstoff verwenden den gleichen Vorverbrenner                     | Vorverbrenner wird ersetzt, neue Löcher werden in die Ofenwand gebohrt oder bestehende Löcher werden geöffnet, Verwendung von Vorverbrennern, die für die Luft-Brennstoff-Sicherung vorkonstruiert wurden |
| 2. Sauerstoff-Brennstoff und Luft-Brennstoff verwenden die gleiche durch Montage ersetzte neue Geräte | Vorverbrenner wird ersetzt, neue Löcher werden in die Ofenwand gebohrt oder bestehende Löcher werden geöffnet, Verwendung von Vorverbrennern, die für die Luft-Brennstoff-Sicherung vorkonstruiert wurden |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Der Querschnitt des Vorverbrenners ist derart, dass die Geschwindigkeit des Oxidationsmittels kleiner ist als 250 ft/s (76 m/s) bei dem minimalen Geschwindigkeitsquerschnitt des Vorverbrenners oder Brennerkörpers während des Sicherungsbetriebs | Der Querschnitt des Vorverbrenners ist derart, dass die Geschwindigkeit des Oxidationsmittels kleiner ist als 500 ft/s (152 m/s) bei dem minimalen Querschnitt des Vorverbrenners oder Brennerkörpers während des Sicherungsbetriebs |
| 4. Als Oxidationsmittel wird Luft während des Sicherungsbetriebs verwendet                                                                                                                                                                             | Die Sauerstoff-Konzentration während des Sicherungsbetriebs ist kleiner als 50 %                                                                                                                                                     |
| 5. Kühlung des Abzugsgases mit Wasser                                                                                                                                                                                                                  | Kühlung des Abzugsgases mit einer Kombination aus Wasser und Luft                                                                                                                                                                    |
| 6. Die Temperatur des Oxidationsmittels ist kleiner als 150°F (65°C)                                                                                                                                                                                   | Die Temperatur des Oxidationsmittels ist kleiner als 1000°F (540°C)                                                                                                                                                                  |
| 7. Während des Luft-Brennstoff-Sicherungsbetriebs werden keine zusätzlichen Vorverbrenner benötigt                                                                                                                                                     | Bis zu dem zweifachen der Anzahl von Brennern wurden im Luft-Brennstoff-Betrieb verwendet, als sie im Sauerstoff-Betrieb verwendet wurden                                                                                            |
| 8. Mehr als 80 % der vollen Produktionskapazität während des Luft-Brennstoff-Sicherungsbetrieb                                                                                                                                                         | Mehr als 20 % der vollen Produktionskapazität während des Luft-Brennstoff-Sicherungsbetrieb                                                                                                                                          |
| 9. Oberflächengeschwindigkeit im Vorverbrenner basierend auf der gesamten Querschnittsöffnung kleiner als 90 ft/s (27 m/s) für den Sauerstoff-Brennstoff-Betrieb                                                                                       | Oberflächengeschwindigkeit im Vorverbrenner basierend auf der gesamten Querschnittsöffnung kleiner als 400 ft/s (122 m/s) für den Sauerstoff-Brennstoff-Betrieb                                                                      |

**[0056]** Alternativen zu der vorgeschlagenen Erfindung sind: Option 1) fortgesetztes Sauerstoff-Brennstoff-Befeuern zu 100 % mit mehr Sauerstoff-Speicher, Option 2) Warmhalten mit Luft-Brennstoff-Brennern zum Aufheizen und Option 3) Warmhalten oder irgendeine Produktion mit Sauerstoff-Brennstoff-Brennern mit hohem Moment, die Luft an Stelle von Sauerstoff verwenden. Der Unterschied zwischen der vorgeschlagenen Erfindung und Option 1 liegt in der reduzierten Verwendung von Sauerstoff und im Aufwand beim Speichern von flüssigem Sauerstoff. Der Unterschied zwischen der Erfindung und Option 2 liegt in der fortgesetzten Produktion und dem Aufwand. Der Unterschied zwischen der Erfindung und Option 3 liegt in der technischen Schwierigkeit des Zuführens von Luft mit einem hohen Druck.

**[0057]** Der Nutzen der Erfindung im Vergleich mit Option 1 sind die niedrigeren Investitionskosten (weniger Speichertanks für flüssigen Sauerstoff). Außerdem werden, abhängig von der Länge der Zeit, die die Sauerstoffanlage vor Ort entfernt ist, die logistischen und Verfügbarkeitsprobleme von flüssigem Sauerstoff vermieden. Ein weiterer Nutzen der vorgeschlagenen Erfindung über die Option 1 ist, dass sie funktionieren kann, wenn es ein Problem mit den Sauerstoff-Zuführungslinien oder Durchfluss-Steuerschritten gibt. Ein Nutzen der

Erfindung, verglichen mit Option 2, ist eine höhere maximale Temperatur im Ofen bei einem ähnlichen Temperatur-Profil, das für die Glasproduktion benötigt wird. Ein weiterer Nutzen, verglichen mit Option 2 ist die fortgesetzte Produktion. Das effektivste Verfahren ist es, wenn die volle Produktion mittels Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft fortgesetzt wird. Selbst die Produktion auf einem minimalen Pegel, um das Glasband im Fließbad zu halten, ist extrem wertvoll. Die Wiederherstellung des Bandes ist zeitaufwendig und könnte die Produktion um einen oder mehrere Tage verzögern. Zum Beispiel ist für einen Flachglasofen, der 600 englische Tonnen/Tag (545 metrische Tonnen/Tag) erzeugt, wobei das Glas einen Wert von \$ 300/englische Tonne (\$ 272/metrische Tonne) aufweist, die Tagesproduktion \$ 180 000 wert. Ein weiterer Nutzen der Erfindung, verglichen mit Option 2 ist, dass sich das Sicherungssystem vor Ort befindet. Option 2 macht es erforderlich, dass eine außenstehende Firma zur Anlage kommen muss, um deren Ausrüstung zu installieren. Noch ein weiterer Nutzen der Erfindung ist, dass das feuerfeste Material des Ofens nicht gebohrt, geschnitten oder anderweitig zerstört werden muss.

**[0058]** Die vorliegende Erfindung bietet dem Anwender die Möglichkeit, verschiedene Brenner für den Luft-Brennstoff- und Sauerstoff-Brennstoff-Betrieb zu verwenden, ein gemeinsames Montagesystem für Luft-Brennstoff- und Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, höhere maximale Ofentemperaturen, verglichen mit den Luft-Brennstoff-Aufheizbrennern. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung kann eine annähernd gleiche Temperaturverteilung in einem Ofen erzeugen, die für die Glasverarbeitung notwendig ist, ermöglicht höhere Feuerungsraten am heißen Fleck des Ofens durch bevorzugtes Anheben der Sauerstoff-Konzentration, ermöglicht die Verwendung von getrennten, aber eng beabstandeten Anschlüssen für die Einführung von Luft und Brennstoff für den Luft-Brennstoff-Betrieb und den Funktionswechsel von Vorverbrenner/Stufenanschlüssen für den Luft-Brennstoff- oder Sauerstoff-Brennstoff-Betrieb. Für den Sauerstoff-Brennstoff-Betrieb wird die größere Öffnung als Vorverbrenner mit Sauerstoff- und Brennstoff-Durchfluss und die kleinere Öffnung für das Stufen von Sauerstoff verwendet. Für den Luft-Brennstoff-Betrieb wird die größere Öffnung zum Durchfließen von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft und die kleinere Öffnung hauptsächlich für Brennstoff verwendet.

**[0059]** Es befindet sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung, einen getrennten Vorverbrenner in der Ofenwand angeordnet zu haben, um Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft und Brennstoff in den Ofen einzuführen. In diesem Modus würde der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner abgeschaltet werden, wobei der getrennte Vorverbrenner verwendet werden würde, um eine Verbrennung, gemäß dem in der Erfindung gezeigtem, zu bewirken, wie in den Ansprüchen definiert ist.

**[0060]** Es befindet sich außerdem im Rahmen der vorliegenden Erfindung, Luft und Brennstoff in den Ofen durch getrennte Brenner oder Rohre einzuführen, die von den Sauerstoff-Brennstoff-Brennern unabhängig sind, solange die Luft oder die mit Sauerstoff angereicherte Luft und Brennstoff gemäß dem in der Erfindung gezeigtem eingeführt werden, wie in den Ansprüchen definiert ist.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufrechterhaltung der Erwärmung bzw. Beheizung eines Ofens auf eine erhöhte Temperatur unter Verwendung einer Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung, wobei eine Sauerstoff-Brennstoff-Flamme in den Ofen eingeführt wird, wenn die Sauerstoff-Zuführung für die Flamme unterbrochen oder reduziert wird, mit den Schritten:

Ersetzen der Sauerstoff-Brennstoff-Flamme mit einem Luftstrom, der aus Luft und mit Sauerstoff angereicherter Luft ausgewählt wird, die 22 bis 80 vol.-% Sauerstoff enthält, der in den Ofen bei einer Rate eingeführt wird, um näherungsweise die gleiche oder eine größere Brenner-Feuerungsraten wie während der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung aufrecht zu erhalten;

Einführen eines getrennten Brennstoff-Stroms in den Ofen unter dem Luftstrom, um eine Luft-Brennstoff-Verbrennung zur Verfügung zu stellen, die die Temperatur in dem Ofen aufrecht erhält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei während der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung ein Oxidationsmittel-Strom unter der Sauerstoff-Brennstoff-Flamme eingeführt wird, und wobei die Sauerstoff-Brennstoff-Flamme durch den Luftstrom und der Oxidationsmittel-Strom durch den getrennten Brennstoff-Strom ersetzt werden, wenn die Sauerstoff-Zuführung für die Flamme und der Oxidationsmittel-Strom unterbrochen oder reduziert werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ofen ein Glasschmelzofen mit mehreren Brennern ist, und wobei während des Betriebs mit Luft-Brennstoff-Verbrennung die Temperaturverteilung in dem Ofen durch Verwendung eines Luftstroms mit höherer Sauerstoff-Konzentration in den Brennern, die

sich in der Nähe eines heißen Flecks bzw. einer heißen Stelle in dem Ofen befinden, als in den anderen Brennern aufrecht erhalten wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während der Luft-Brennstoff-Verbrennung der Luftstrom eine Strömungsrate (berechnet als nicht mit Sauerstoff angereicherte Luft) hat, die ungefähr 12,6 mal größer als die Sauerstoff-Strömungsrate während der Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Geschwindigkeit des Luftstroms an einem Auslassende des Brenners kleiner als 76 m/s (250 ft/s) ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Luftstrom und der getrennte Brennstoff-Strom durch einen Vorverbrenner (Pre-combustor) eingeführt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei derselbe Vorverbrenner für die Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung und die Luft-Brennstoff-Verbrennung verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der getrennte Brennstoff-Strom Sauerstoff enthält, um die Strahlungswärmeübertragung auf eine Charge zu verstärken bzw. zu verbessern, die in dem Ofen erwärmt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abgase, die aus dem Ofen austreten, mit flüssigem Wasser gekühlt werden.

10. Verbrennungssystem mit einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner (12), der angepasst ist, um mit einem an dem Brenner (12) angebrachten Vorverbrenner (14) eine Flamme zu erzeugen, wobei der Vorverbrenner (14) einen ersten Durchgang (26) mit einem Einlass an einem Brennerende (24) des Vorverbrenners (14), wobei sich der Einlass in fluiddichter Beziehung zu dem Flammenende des Brenners (12) befindet, und mit einem Auslass an einem Auslassende (28) des Vorverbrenners (14), wobei der Auslass angepasst ist, um die von dem Brenner (12) erzeugte Flamme zur Erwärmung unter Industriebedingungen in eine im Allgemeinen flachen, fächerartigen Konfiguration zu richten, und einen getrennten zweiten Durchgang (32) in dem Vorverbrenner hat, der unter dem ersten Durchgang (26) angeordnet ist und sich gemeinsam mit diesem erstreckt, wobei der zweite Durchgang (32) in einem Düsen-Ende in dem Auslassende (28) des Vorverbrenners (14) endet, um ein oxidierendes fluides Medium unter und im Allgemeinen parallel zu dem Flamme zu richten, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiterhin aufweist:

eine Luftzuführungsanordnung (46 & 56) zur Einführung von Luft oder von mit Sauerstoff angereicherter Luft durch den Brenner (12) in den ersten Durchgang (26) des Vorverbrenners (14) statt der Flamme; und eine Brennstoff-Zuführungsanordnung (54) zur Einführung von Brennstoff in den zweiten, getrennten Durchgang (32) in dem Vorverbrenner statt des oxidierenden fluiden Medium, wodurch das Verbrennungssystem die Erwärmung bzw. Beheizung der industriellen Umgebung in dem Fall fortsetzen kann, dass die Sauerstoff-Zuführung unterbrochen oder reduziert wird.

11. System nach Anspruch 10, wobei der Vorverbrenner (14) eine Länge zwischen 19 und 45 cm (4 und 8 Zoll) hat.

12. System nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, wobei der erste Durchgang (26) und der zweite Durchgang (32) jeweils ein Verhältnis Breite/Höhe haben, das am Auslassende des Vorverbrenners (14) zwischen 5 und 30 liegt.

13. System nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei Wände, die die Breite des ersten Durchgangs (26) und des zweiten Durchgangs (32) definieren, unter einem Winkel zwischen  $-15^\circ$  bis  $+30^\circ$  auf jeder Seite einer zentralen, vertikalen Ebene durch den Vorverbrenner angeordnet sind.

14. System nach Anspruch 13, wobei der Winkel zwischen  $0$  bis  $+15^\circ$  auf jeder Seite der vertikalen Ebene liegt.

15. System nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die Brennstoff-Zuführungsanordnung (54) eine Anordnung zur Einführung von Sauerstoff in den Brennstoff enthält, der dem Vorverbrenner (14) zugeführt wird.

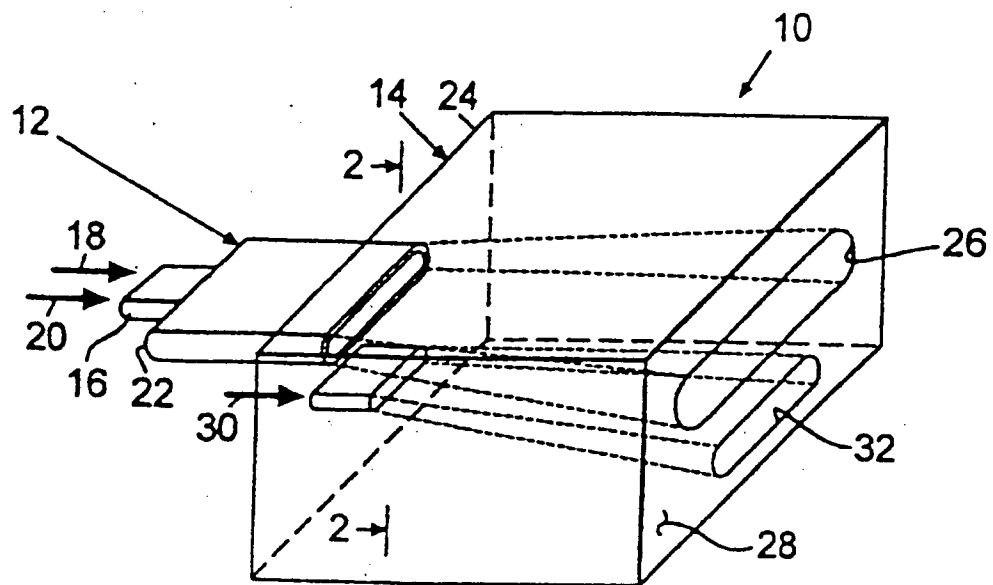
16. Wärme- bzw. Heizofen mit einem Verbrennungssystem, wie es in einem der Ansprüche 10 bis 15 beansprucht wird.

17. Ofen nach Anspruch 16 mit einer Wasser-Kühlordnung zur Wasserkühlung der Abgase, die aus dem Ofen austreten, wenn das Verbrennungssystem benutzt wird.

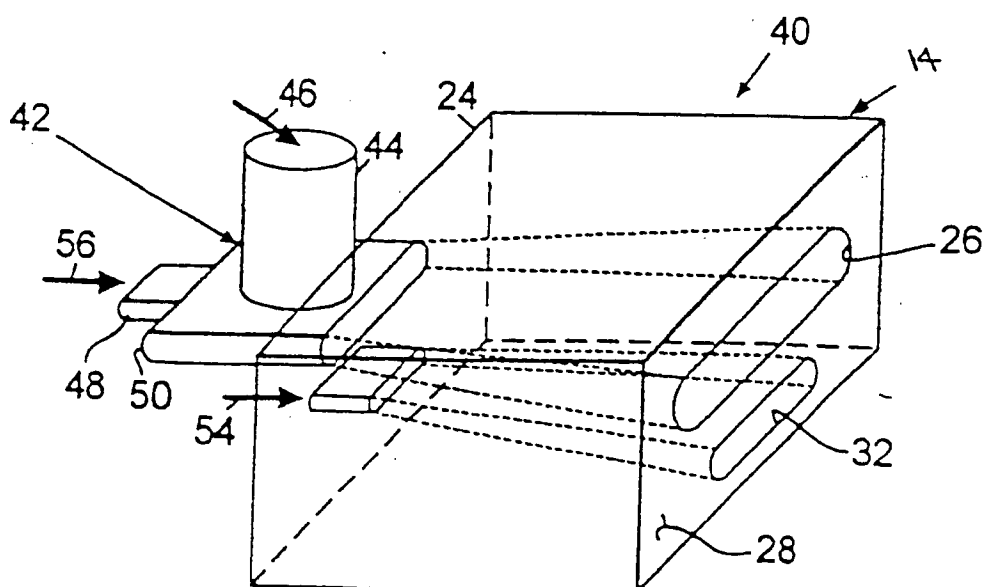
18. Verwendung eines Luft-Brennstoff-Brenners, bei dem ein Luftstrom, der aus Luft und mit Sauerstoff angereicherter Luft, die 22 bis 80 vol.-% Sauerstoff enthält, ausgewählt wird, in den Ofen über einem getrennten Brennstoff-Strom eingeführt wird, um eine Betriebstemperatur in einem Ofen, der durch einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner erwärmt wird, während der Unterbrechung der Sauerstoff-Zuführung zu dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner aufrecht zu erhalten.

19. Verwendung nach Anspruch 18, wobei der Ofen durch ein Verbrennungssystem erwärmt wird, wie es in einem der Ansprüche 10 bis 15 definiert wird.

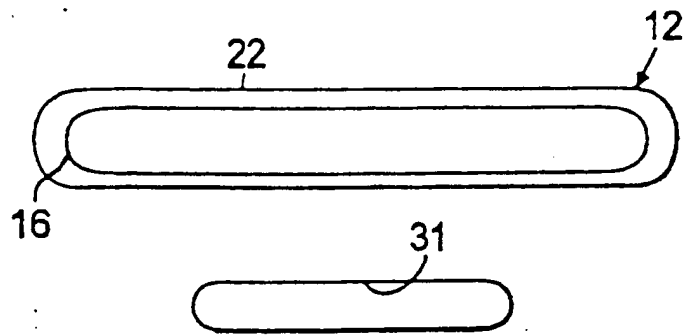
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



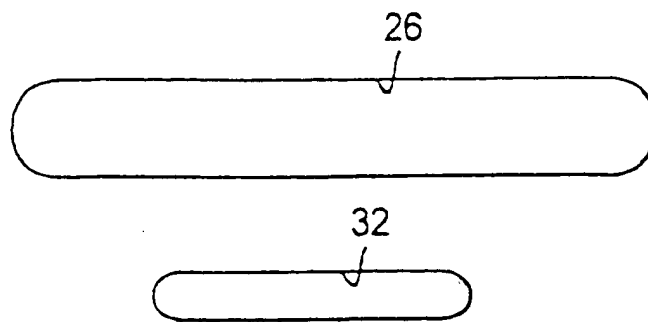
**FIG. 1**



**FIG. 3**



**FIG. 2**



**FIG. 4**

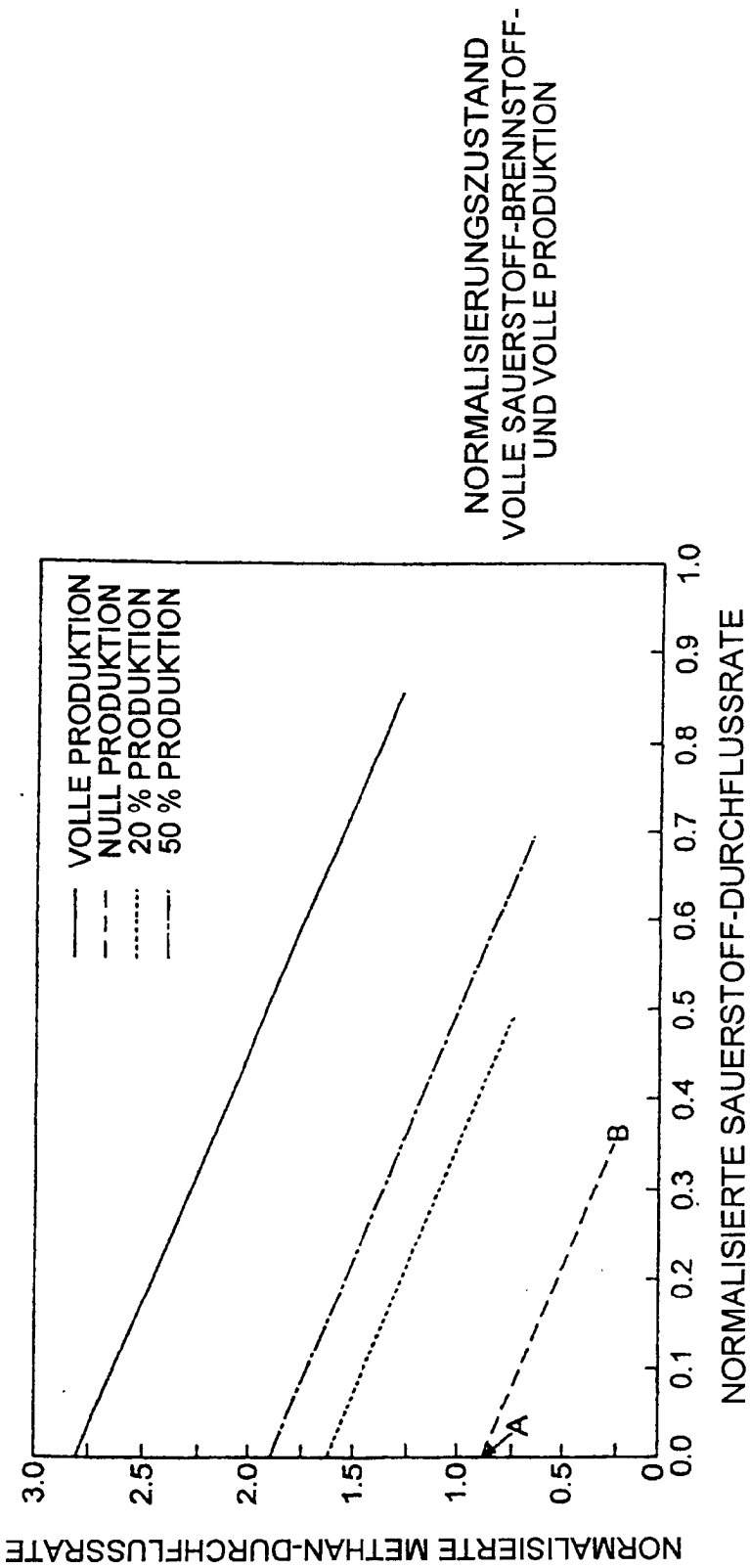
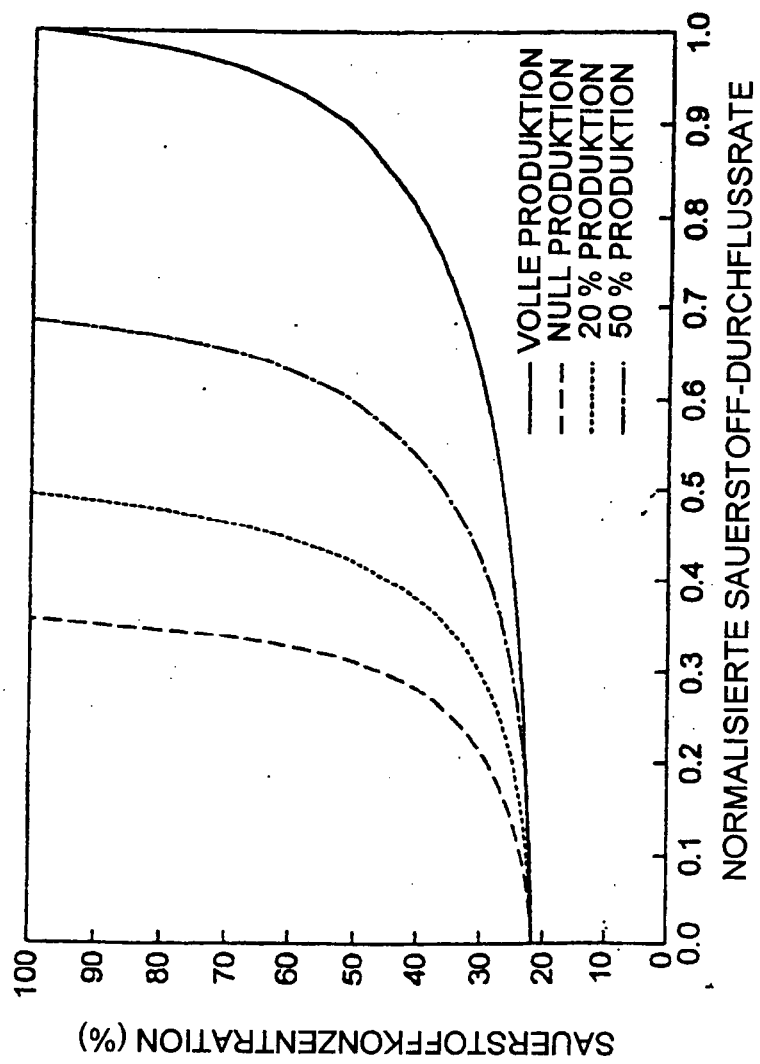
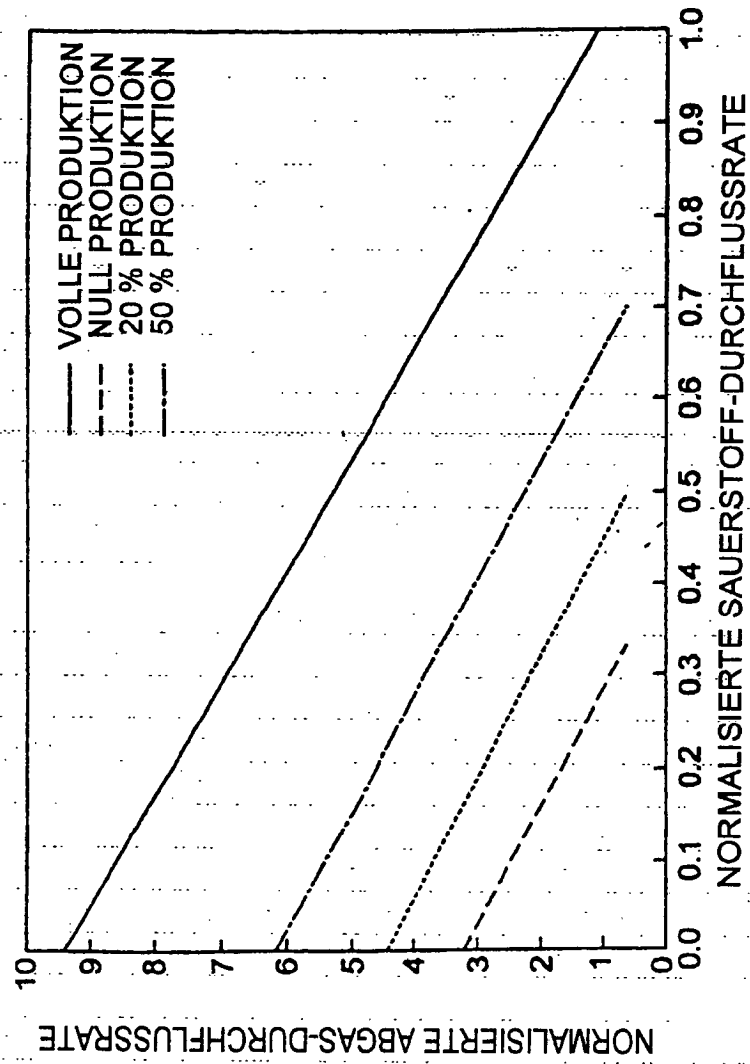


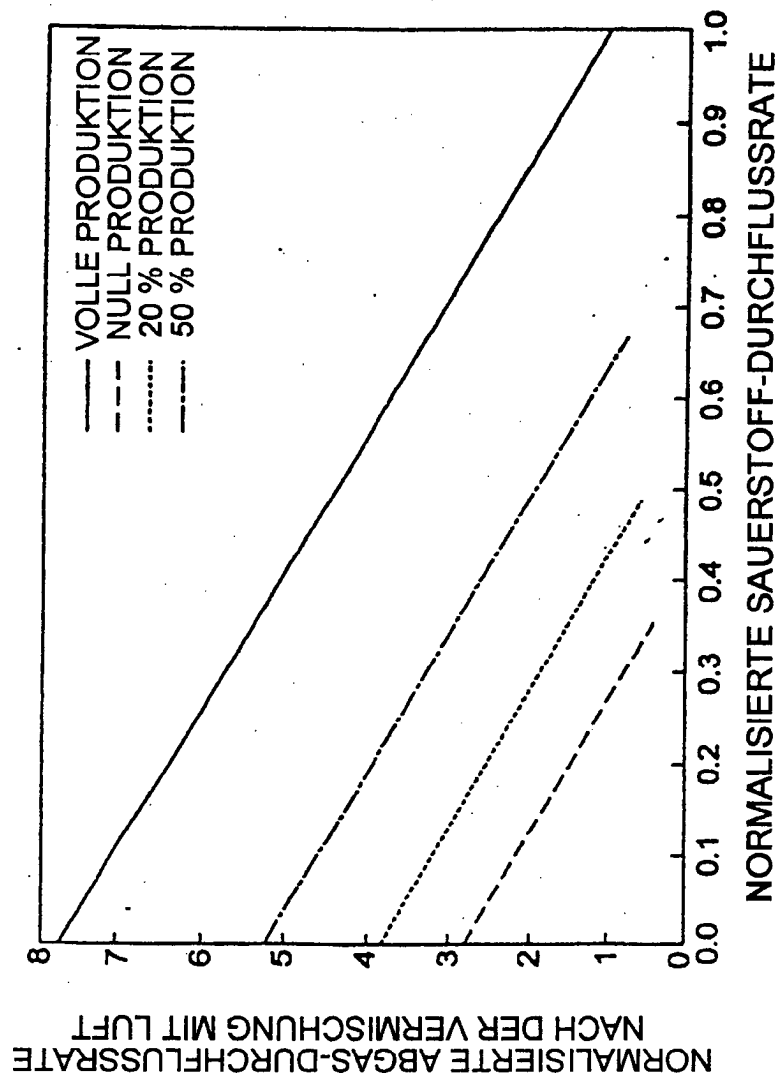
FIG. 5



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**

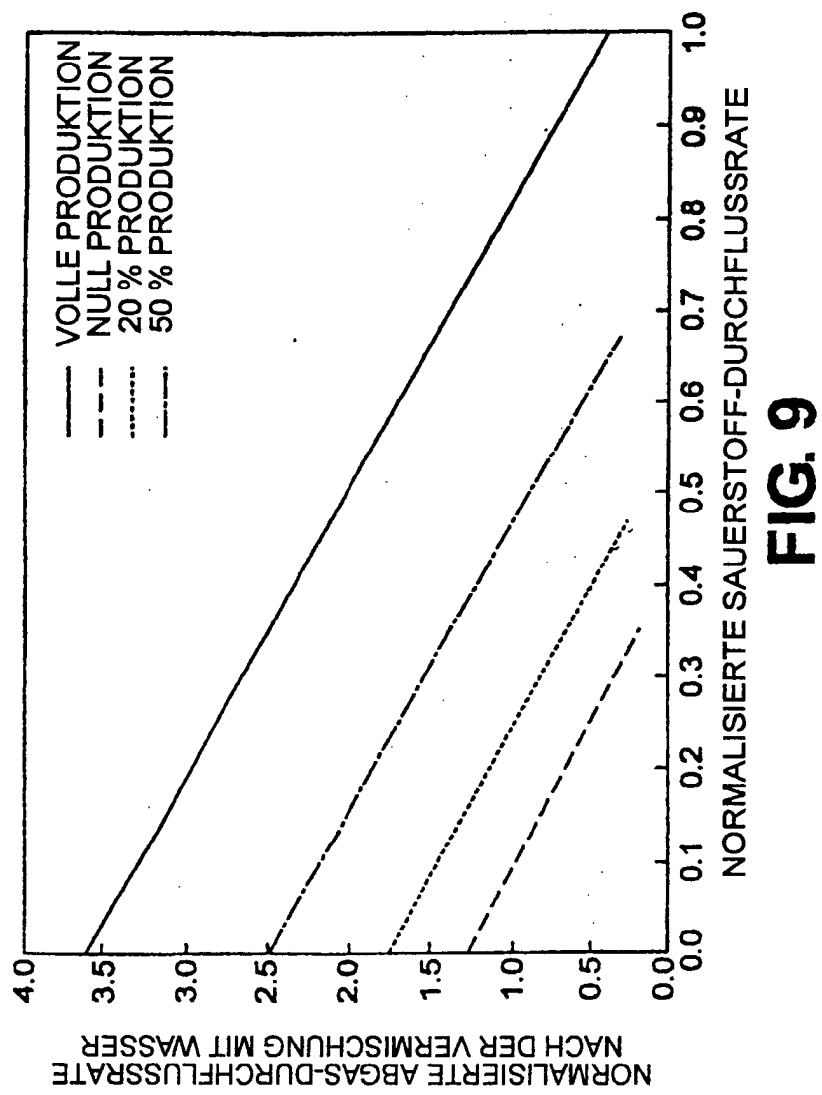


FIG. 9