

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 48/95

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **B01D 53/88**  
F23D 14/18

(22) Anmeldetag: 16. 1.1995

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1995

(45) Ausgabetag: 28. 5.1996

(56) Entgegenhaltungen:

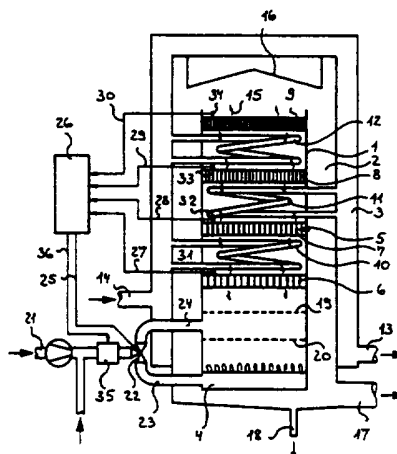
DE 4228990A1 DE 4330130C1 DE 3814897A1

(73) Patentinhaber:

VAILLANT GESELLSCHAFT M.B.H.  
A-1231 WIEN (AT).

## (54) KATALYTISCHER WÄRMEERZEUGER

(57) Die Erfindung betrifft einen katalytischen Wärmeerzeuger mit einer Brennkammer (1), in der ein mit einer ventilatorunterstützten Gas-Luft-Gemisch-Zuführung (21) verbundener Flammbrenner (4) angeordnet ist, dessen Abgase mindestens einen Wärmetauscher (10/11/12, 16) beaufschlagen, wobei im Abgasweg ein katalytisch beschichteter monolithischer Wabenkörperreaktor vorgesehen ist. Ein besonders schadstoffarmer Katalysebetrieb ist dadurch möglich, daß der Wabenkörperreaktor (5) aus mehreren in Abgasströmungsrichtung voneinander distanzierenden Wabenschichten (6, 7, 8, 9) besteht, zwischen denen Wärmetauscher beziehungsweise Stränge (10, 11, 12) eines Wärmetauschers angeordnet sind, und daß in der Gas-Luft-Gemisch-Zuführung (21) ein Drei-Wege-Mischventil (22) vorgesehen ist, dessen erste ausgangsseitige Anschlußleitung (23) mit dem Flammbrenner (4) verbunden ist und dessen zweite ausgangsseitige Anschlußleitung (24) zwischen dem Flammbrenner (4) und der brenner-nächsten Wabenschicht (6) in die Brennkammer (1) mündet.



Gegenstand der Erfindung ist ein katalytischer Wärmeerzeuger sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Wärmeerzeugers gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 2.

Eine Kombination eines konventionellen Flammenbrenners mit einem Oxidations-Wabenkatalysator ist aus der DE-PS 39 05 775 bekanntgeworden. Die Schadstoffreduktion wird dabei durch katalytische Nachverbrennung der Abgase eines Brenners herkömmlicher Bauart erreicht. Beispielsweise wird bei einer Gastherme zwischen Brenner und Wärmetauscher der Wabenkatalysator zusätzlich eingebaut. Nachteilig ist, daß in jedem Fall eine Grundverbrennung mit einem herkömmlichen Brenner für fossile Brennstoffe - verbunden mit starker Schadstoffemission - stattfinden muß. Da der Katalysator nur bis zu einer maximalen Temperatur von 900 °C, belastbar ist, muß der Brenner den Hauptanteil des Brenngas-Luft-Gemisches in der Flamme umsetzen, so daß eine relativ hohe Flammentemperatur resultiert und folglich eine erhebliche NO<sub>x</sub>-Emission in Kauf genommen werden muß. Diese NO<sub>x</sub>-Emission läßt sich durch katalytische Nachverbrennung nur teilweise reduzieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen katalytischen Wärmeerzeuger und ein zugeordnetes Verbrennungsverfahren anzugeben, wobei die Vorteile der katalytischen Verbrennung, insbesondere die Schadstoffarmut der Abgase, weitergehend auszunutzen sind.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Der beanspruchte Wärmeerzeuger zeichnet sich vor allem durch den geschichteten Aufbau des Wabenkörperreaktors mit Wärmeabführung zwischen den Schichten und durch die wahlweise oder gemischte Brenngas-beaufschlagung des Flammenbrenners und des Wabenkörperreaktors aus. Die Zwischenschaltung von Wärmetauschern oder Wärmetauschersträngen ermöglicht eine effektive Kühlung des Wabenkörperreaktors, welcher durch das Drei-Wege-Mischventil auch als alleiniger Wärmeerzeuger fungieren kann. Der Flammenbrenner dient nur zur Vorheizung des Wabenkörperreaktors auf die Arbeitstemperatur von ca. 500 °C. Wenn alle Wabenschichten diese kritische Temperatur angenommen haben, erfolgt die Umsetzung des Gas-Luft-Gemisches durch katalytische Reaktion ohne weitere Wärmezufuhr. Das Drei-Wege-Mischventil wird dann derart umgeschaltet, daß nur die zweite ausgangsseitige Anschlußleitung mit der Gas-/Luft-Gemischführung verbunden ist. Die flammenbrennerverbundene erste ausgangsseitige Anschlußleitung wird zugesperrt, wodurch der Flammenbrenner erlischt.

Durch die Merkmale des Anspruchs 2 wird eine einfache Anpassung der katalytisch umzusetzenden Brennstoffmenge an die im Abgasstrom noch vorhandene Restbrennstoffmenge erreicht. Da in jeder Stufe, das heißt, stromab aufeinanderfolgender Wabenschichten, weniger unverbranntes Brennstoffgemisch zur Verfügung steht, müssen die Waben immer enger werden, damit bei allen Stufen eine annähernd gleiche Umsatzrate zustande kommt. Letzteres ist vorteilhaft, weil dadurch die Aufrechterhaltung der oben erwähnten minimalen Arbeitstemperatur nicht gefährdet wird und weil zum anderen die Dimensionierung der Wärmetauscher beziehungsweise der Wärmetauscherstränge nicht von der Stufung der Wabenschichten abhängt.

Im allgemeinen genügt es, wie im Anspruch 3 vorgeschlagen, vier Wabenschichten vorzusehen, um eine vollständige Brennstoffumsetzung im Wabenkörperreaktor sicherzustellen.

Das Rückschlaggitter gemäß Anspruch 4 verhindert in der Einschaltphase des Wärmeerzeugers, in der der Flammenbrenner in Betrieb ist, ein Anhaften der Flammen an der den Flammen gegenüberliegenden Fläche der brennernächsten Wabenschicht. Gleichzeitig kann das Rückschlaggitter auch nach Art der bekannten Kühlstäbe wirken, wodurch eine Wärmeabfuhr aus dem Flammenbereich eine zusätzliche Gewähr dafür bietet, daß der Wabenkörperreaktor nicht bis in dessen Zerstörungsbereich aufgeheizt wird.

Bevorzugt sind die zwischengeschalteten Wärmetauscher beziehungsweise Wärmetauscherstränge gemäß Anspruch 5 ausgebildet. Die Wabenschichten erzeugen einen großen Anteil Strahlungswärme, die von den Wärmetauschern beziehungsweise Wärmetauschersträngen aufnehmbar sein sollte. Zur Wärmeübertragung von Strahlungswärme sind vor allem Kupfer- oder Aluminiumrohre gemäß Anspruch 6 geeignet. Ein Lamellenbesatz ist nicht erforderlich - für eine effektive Aufnahme von Strahlungswärme sogar eher hinderlich.

Bei Ausbildung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 7 wird eine einfache und wirkungsvolle hydraulische Anbindung der Wärmetauscher beziehungsweise Wärmetauscherstränge erreicht. Der durchflossene Doppelmantel kann alternativ oder gleichzeitig zu den zwischengeschalteten Wärmetauschern beziehungsweise Wärmetauschersträngen mit einem stromab der brennerfernsten Wabenschicht angeordneten lamellenbesetzten Wärmetauscher für vorrangig konvektiven Wärmeübergang verbunden sein. Dieser letzte Wärmetauscher dient im wesentlichen der Nutzbarmachung der Wärmekapazität des fast schadstofffreien Abgases. Besonders ergiebig ist die Wärmeausbeute, wenn dieser Lamellenwärmetauscher als Kondensationswärmetauscher wirkt und somit der Wärmeerzeuger gemäß Anspruch 8 nach dem Brennwertprinzip aufgebaut ist. Bei aufrecht brennenden Flammen kann die Brennkammer zylinderförmig mit Abgasumlenkung über den oberen Rand ausgebildet sein. Das Abgas strömt dann an der Außenfläche der Brennkam-

mer vorbei und gelangt schließlich in einen vom unteren Gerätebereich abgetrennten Kamin. In diesem Bereich ist dann auch der Kondensatablauf vorgesehen. Als wärmetauschermediumdurchflossener Doppelmantel ist bei dieser Ausführungsform nicht die Brennkammer, sondern die konzentrisch die Brennkammer umgebende Abgasführung ausgebildet. Die von dem Doppelmantel abgezweigten Wärmetauscher oder  
 5 Wärmetauscherstränge durchsetzen mit ihren Anschlußstutzen diese Abgasführung und ebenso die Brennkammerwandung.

Besonders vorteilhaft ist die Ausführungsform nach Anspruch 9, da durch die Wärmebrückenbindung des Rückschlaggitters an den Doppelmantel eine weitere Verbesserung der oben geschilderten Kühlstabsfunktion des Rückschlaggitters erreicht wird. Außerdem kommt die Gitterwärme auch dem Wirkungsgrad  
 10 des Wärmeerzeugers zugute.

Eine vorteilhafte Ausführungsform ist durch die Merkmale des Anspruchs 10 gekennzeichnet, die sich durch besondere Einfachheit und Zuverlässigkeit der Umschalt- beziehungsweise Mischfunktion des Drei-Wege-Mischventils auszeichnet. Die Wabenschichttemperatur als Führungsgröße für die Verstellung des Ventils kann dabei an allen Schichten des Wabenkörperreaktors gemessen werden, wobei die Umschaltung  
 15 auf die zweite ausgangsseitige Anschlußleitung des Mischventils durch die Steuer- oder Regeleinrichtung vorzugsweise dann initiiert wird, wenn alle Wabenschichten eine Temperatur oberhalb der minimalen Arbeitstemperatur angenommen haben. Bei optimaler Dimensionierung und Auslegung der zwischengeschalteten Wärmetauscher beziehungsweise Wärmetauscherstränge und der Wabenschichten kann jedoch eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb der Brennkammer erreicht werden, so daß dann nur  
 20 wenige Temperatursensoren für die Steuerung oder Regelung erforderlich sind. Zur weiteren Vereinfachung kann das Drei-Wege-Mischventil dabei gemäß Anspruch 11 auch als Drei-Wege-Umschaltventil ausgebildet sein. In der Grundstellung, die für die Inbetriebnahme des Wärmeerzeugers vorgesehen ist, kann hierbei eine Verbindung der Gas-Luft-Gemisch-Zuführung sowohl mit der ersten als auch mit der zweiten Anschlußleitung bestehen. Die auf diese Weise vorgegebenen Gemischanteile speisen dann sowohl den  
 25 Flammenbrenner als auch den katalytisch beschichteten monolithischen Wabenkörperreaktor, so daß auch in der Startphase eine Teilumsetzung des Brennstoffgemisches durch katalytische Umsetzung erfolgen kann.

Ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Wärmeerzeugers wird in Anspruch 12 beschrieben. Danach wird das Drei-Wege-Mischventil genau dann angesteuert, wenn durch die Vorheizung des Flammenbrenners die minimale Arbeitstemperatur des Wabenkörperreaktors erreicht ist. Die weitere Regelung erfolgt in Abhängigkeit von der Wabenschichttemperatur durch Dosierung der zugeführten Brennstoffmenge. Der einzuhaltende Soll-Temperaturbereich der Reaktortemperatur liegt dabei entsprechend dem chemischen Aufbau des katalytisch beschichteten monolithischen Wabenkörperreaktors, das heißt entsprechend seiner Temperaturbeständigkeit, in der Größenordnung von 500 °C bis 800 °C.

35 Die Erfindung wird nachfolgend anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines katalytischen Wärmeerzeugers,

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf der Wabenschichttemperatur und des Brenngasdurchsatzes und

40 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines katalytischen Wärmeerzeugers.

Der Wärmeerzeuger gemäß Fig. 1 besteht im wesentlichen aus einer zylinderförmigen Brennkammer 1, die von einem Ringraum 2 zur Abgasführung und von einem wärmetauschermediumdurchflossenen Doppelmantel 3 konzentrisch umgeben ist. In der Brennkammer 1 sind ein konventioneller Flammenbrenner  
 45 4 und stromab dessen Abgase ein katalytisch beschichteter monolithischer Wabenkörperreaktor 5 angeordnet. Der Wabenkörperreaktor 5 besteht aus 4 separaten Wabenschichten 6, 7, 8 und 9 zwischen denen 3 Wärmetauscherstränge 10, 11 und 12 angeordnet sind. Die Wärmetauscherstränge 10, 11 und 12 sind mit dem Doppelmantel 3 in Serie oder parallel verbunden. Mit dem Doppelmantel 3 sind weiterhin ein Vorlauf 13 und ein Rücklauf 14 verbunden, zwischen denen in einem nicht dargestellten Umlauf mindestens ein  
 50 Verbraucher, beispielsweise eine Umlaufheizung oder der Primärkreis eines Heizwasser-/Brauchwasser-Wärmetauschers, geschaltet ist. Die Durchlaßquerschnitte der katalytisch wirkenden Waben nimmt in Strömungsrichtung der Abgase von Stufe zu Stufe ab. Auf diese Weise wird trotz Abnahme des Anteils noch nicht stromaufseitig umgesetzten Brenngases an jeder Wabenschicht 6 bis 9 annähernd die gleiche Umsetzungsleistung erzielt. Diese Umsetzungsleistung wird in Form von Strahlung und Konvektion auf die  
 55 Wärmetauscherstränge 10 bis 12 übertragen. Um die Wärmeübertragung durch Strahlung in der Zeichnung zu verdeutlichen, sind die gezackten Pfeile 15 vorgesehen. Die Wärmetauscherstränge 10 bis 12 bestehen aus blanken Kupfer- oder Aluminiumrohren mit hohen Emissionskoeffizienten, wodurch eine Wärmeübertragung durch Strahlung erleichtert wird. Lamellen besitzen diese Wärmetauscherstränge 10 bis 12 nicht.

Stromab der brennerfernsten Wabenschicht 9 kann zusätzlich noch ein Lamellenwärmetauscher 16, der ebenfalls mit dem Doppelmantel 3 hydraulisch verbunden ist, vorgesehen sein. Durch diesen Lamellenwärmetauscher 16 erfolgt eine Restausnutzung der Abgaswärme und damit die Abkühlung des Abgases bis unter den Kondensationspunkt. Die bis unter 50 °C abgekühlten Abgase eines derart als Brennwertgerät ausgebildeten Wärmeerzeugers werden im unteren Bereich des Gerätes in einen Anschlußstutzen 17 für einen nicht dargestellten Kamin geleitet. Ebenfalls an einer tiefstgelegenen Stelle des für die Abgasführung innerhalb des Gerätes vorgesehenen Ringraumes 2 ist ein Kondensatablauf 18 angeordnet.

Wenn kein Lamellenwärmetauscher 16 vorgesehen ist, kann auch der wasserdurchflossene Doppelmantel abgasseitig mit Lamellen bestückt sein.

Das Gerät ist weiterhin mit zwei Rückschlaggittern 19 und 20 ausgestattet, welche einerseits ein Anhaften der Flamme an der brennernächsten Wabenschicht 6 verhindern und andererseits zu der erforderlichen Kühlung dieser Wabenschicht 6 beitragen. Beide Rückschlaggitter 19 und 20 sind über Wärmekontaktbrücken durch den Ringraum 2 hindurch bis zum Doppelmantel 3 verlängert. Die von den Flammen beziehungsweise Abgasen des Flammenbrenners 4 stammende Wärme kann auf diese Weise sehr effektiv in den Doppelmantel 3 abgeführt werden. Die beiden Gitter 19 und 20 wirken folglich in der Art der bekannten Kühlstäbe.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zur Brenngasversorgung des Flammenbrenners 4 und/oder des Wabenkörperreaktors 5 in einer Gas-Luft-Gemisch-Zuführung 21 ein Drei-Wege-Mischventil 22 vorgesehen. Das Drei-Wege-Mischventil ist mit zwei ausgangsseitigen Anschlußleitungen 23 und 24 versehen, deren erste mit dem Flammenbrenner 4 verbunden ist und deren zweite zwischen den beiden Rückschlaggittern 19 und 20 in die Brennkammer 1 einmündet. Das Drei-Wege-Mischventil 22 wird bei normalem Funktionsablauf nur in zwei Stellungen verwendet, nämlich bei Teilfreigabe beider Anschlußleitungen während einer Inbetriebnahmephase des Wärmeerzeugers und unter ausschließlicher Freigabe der zweiten Anschlußleitung 24 während des stationären Brennerbetriebes. Für diese Steuerfunktionen ist das Drei-Wege-Mischventil 22 über eine Ansteuerleitung 25 mit einer Steuerung 26 verbunden. Die Steuerung 26 ihrerseits wird von Signalleitungen 27, 28, 29 und 30, die zu Temperaturfühlern 31, 32, 33 und 34 führen, beaufschlagt. Die vier Temperaturfühler 31 bis 34 stehen jeweils mit der Oberseite der vier Wabenschichten 6 bis 9 in Berührungskontakt. In Abhängigkeit von den Temperatursignalen wird im stationären Zustand ein Gas-Magnetventil 35 durch die Steuerung 26 über eine weitere Ansteuerleitung 36 beaufschlagt.

Die Arbeitsweise des Wärmeerzeugers gemäß Fig. 1, das heißt, dessen Steuerung beziehungsweise Regelung wird nachfolgend anhand der Fig. 2 näher erläutert.

In der Startphase wird ein Teil des Brenngases über das Drei-Wege-Mischventil 22 und die erste Anschlußleitung 23 ein Teil des Brenngases zum Flammenbrenner 4 geführt und dort gezündet. Das resultierende Abgas strömt - falls gewünscht - zusammen mit dem restlichen, durch die zweite Anschlußleitung in die Brennkammer 1 einmündenden Brenngas durch den Wabenkörperreaktor 5. Dabei wird der Wabenkörperreaktor 5 erwärmt und arbeitet vermehrt im Sinne einer Nachverbrennung beziehungsweise Nachoxidation. Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird durch die Temperaturfühler 31 bis 34 an allen Wabenschichten 6 bis 9 eine Temperatur von 500 °C gemessen. An diesem Zeitpunkt  $t_1$  wird die Gaszufuhr kurzzeitig unterbrochen, wie aus dem unteren Diagrammteil hervorgeht. Gleichzeitig wird das Drei-Wege-Mischventil 22 derart umgeschaltet, daß nur noch die zweite Anschlußleitung 24 mit der Gas-Luft-Gemisch-Zuführung 21 verbunden ist. Die Brenngaszufuhr wird zum Zeitpunkt  $t_2$  wieder aufgenommen. Die für die Gaszufuhrunterbrechung notwendige Zeit hängt von der Gittertemperatur ab, die unter 700 °C liegen soll. Nach erneutem Einschalten der Gaszufuhr muß sichergestellt sein, daß die Gittertemperatur und die Wabenschichttemperatur unterhalb von 900 °C liegt, um eine Entflammung des Rückschlaggitters 19 beziehungsweise 20 zu vermeiden und letztlich um einer Überhitzung und damit Zerstörung des gitternächsten Wabenkörpers 6 vorzubeugen. Ab dem Zeitpunkt  $t_2$  stellt sich ein stationärer Zustand ein, bei dem das gesamte Brenngas in vier Stufen an den Wabenschichten 6 bis 9 umgesetzt wird. Da die Wabenschichten 6 bis 9 sowohl an ihrer Oberseite als auch an ihrer Unterseite Strahlung (gezackte Pfeile 15) abgeben, müssen die zwischengeschalteten Wärmetauscherstränge 10 bis 12 einen ausreichend hohen Emissionskoeffizienten ihrer Oberfläche haben. Des weiteren müssen die Wabenschichten 6 bis 9 ausreichend dünn sein, um "hot-spots" zu vermeiden. Es muß sichergestellt sein, daß aus der Wabe ausreichend Wärme durch Strahlung ausgekoppelt werden kann. Der Umsetzungsgrad an der jeweiligen Wabenschicht 6 bis 9 wird durch die Dicke der Schicht und den Durchströmungsquerschnitt der Wabe bestimmt. Innerhalb der reaktortypischen Betriebstemperatur, die entsprechend dem chemischen Aufbau im wesentlichen im Bereich von 500 °C bis 800 °C liegt, ist durch Überlagerung auch eine konventionelle Steuerung durch Beeinflussung des Gesamtbrenngasdurchsatzes möglich. Auf diese Weise läßt sich der Wärmebedarf innerhalb der durch die Betriebstemperatur gesetzten Grenzen auch durch modulierende Beaufschlagung des Gas-Magnetventils 35 nach Maßgabe der Steuerung 26 berücksichtigen.

Der in Fig. 3 dargestellte katalytische Wärmeerzeuger unterscheidet sich von der Variante gemäß Fig. 1 hinsichtlich der Hydraulik des Doppelmantel-Wärmetauschers. Im rücklaufseitigen Eingangsbereich ist die Wasserführung mittels einer Trennwand 43 in einen inneren Kanal 44 und einen äußeren Kanal 45 aufgeteilt. Das in den äußeren Kanal 45 gelangende Wasser durchströmt den Doppelmantel 3, kühlt den Wabenkörperreaktor 5 und entzieht dem im Ringraum 2 vorbeiströmenden Abgas Wärme. Für eine bessere Wärmeübertragung aus dem Abgas sind Strömungsleitbleche und/oder in den Ringraum 2 hineinragende Lamellen 40 vorgesehen. Das durch den inneren Kanal 44 strömende Wasser verteilt sich auf drei Rohrwendeln 36, 37 und 38, welche zwischen den Wabenschichten 6, 7, 8 und 9 angeordnet sind. Die Rohrwendeln 36, 37 und 38 münden in den Doppelmantel 3, der auch von dem Wasser aus dem äußeren Kanal 45 in Richtung Vorlauf 13 durchflossen wird. Durch den sich ausbildenden Unterdruck wird das Wasser aus den Rohrwendeln 36, 37 und 38 angesaugt und ebenfalls zum Vorlauf 13 befördert. Auf diese Art und Weise ist gewährleistet, daß die Rohrwendeln 36, 37 und 38 durchflossen werden, wobei über die Strömungsgeschwindigkeit die Wärmetauscheffektivität geregelt werden kann. Die Fließgeschwindigkeit ist dabei von der Höhe der Wärmeanforderung abhängig. Eine derartige Steuerung kann zum Beispiel durch ein in der Rücklaufleitung 14 angeordnetes Ventil 41 mit motorischer Verstellung 42 realisiert sein.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf das vorstehend angegebene Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche auch bei grundsätzlich anders gearterter Ausführung von den Merkmalen der Erfindung Gebrauch machen.

## 20 Patentansprüche

1. Katalytischer Wärmeerzeuger mit einer Brennkammer, in der ein mit einer ventilatorunterstützten Gas-Luft-Gemisch-Zuführung verbundener Flammenbrenner angeordnet ist, dessen Abgase mindestens einen Wärmetauscher beaufschlagen, wobei im Abgasweg ein katalytisch beschichteter monolithischer Wabenkörperreaktor vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wabenkörperreaktor (5) aus mehreren in Abgasströmungsrichtung voneinander distanzierten Wabenschichten (6, 7, 8, 9) besteht, zwischen denen Wärmetauscher beziehungsweise Stränge (9, 10, 12) eines Wärmetauschers angeordnet sind und daß in der Gas-Luft-Gemisch-Zuführung (21) ein Drei-Wege-Mischventil (22) vorgesehen ist, dessen erste ausgangsseitige Anschlußleitung (23) mit dem Flammenbrenner (4) verbunden ist und dessen zweite ausgangsseitige Anschlußleitung (24) zwischen dem Flammenbrenner (4) und der brennernächsten Wabenschicht (6) in die Brennkammer (1) mündet.
2. Wärmeerzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchströmungsquerschnitte stromab aufeinanderfolgender Wabenschichten (6, 7, 8, 9) abnehmen.
3. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß vier Wabenschichten (6, 7, 8 und 9) vorgesehen sind.
4. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromauf der brennernächsten Wabenschicht (6) mindestens ein Rückschlaggitter (19, 20) angeordnet ist.
5. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwischen den Wabenschichten (6, 7, 8, 9) angeordneten Wärmetauscher beziehungsweise Wärmetauscherstränge (10, 11, 12) eines Wärmetauschers für konvektiven und radiativen Wärmeübergang ausgebildet sind.
6. Wärmeerzeuger nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmetauscher beziehungsweise Wärmetauscherstränge (10, 11, 12) eines Wärmetauschers aus Kupfer- oder Aluminiumrohren bestehen.
7. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennkammer (1) von einem wärmetauschermediumdurchflossenen Doppelmantel (3) umgeben ist, der mit den zwischen den Wabenschichten (6, 7, 8, 9) vorgesehenen Wärmetauschersträngen (10, 11, 12) hydraulisch verbunden und/oder an den stromab der brennerfernsten Wabenschicht (9) ein Lamellenwärmetauscher (16) für konvektiven Wärmeübergang angeschlossen ist.
8. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Ausbildung als Brennwertgerät, wobei im unteren Bereich des Gerätes ein Abgasauslaß (17) und ein Kondensatablauf

(18) vorgesehen sind.

- 5
9. Wärmeerzeuger nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oder die Rückschlaggitter (19, 20) an den Doppelmantel (3) über eine Wärmebrückenverbindung befestigt ist oder sind.
10. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Drei-Wege-Mischventil (22) mit einer wabenschichttemperaturgeführten Steuer- oder Regeleinrichtung (26) verbunden ist.
- 10 11. Wärmeerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Drei-Wege-Mischventil (22) als Drei-Wege-Umschaltventil ausgebildet ist.
12. Verfahren zum Betreiben eines Wärmeerzeugers nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flammbrenner (4) ausschließlich in einer Startphase zum Vorheizen des Wabkörperreaktors (5) auf eine kritische Temperatur  $t_1$  über die erste Anschlußleitung (23) des Drei-Wege-Mischventils (22) mit Gas-Luft-Gemisch versorgt wird und daß nach Erreichen der kritischen Temperatur  $t_1$  ausschließlich der Wabkörperreaktor (5) über die zweite Anschlußleitung (24) des Drei-Wege-Mischventils (22) mit Gas-Luft-Gemisch versorgt wird, wobei ein Soll-Temperaturbereich der Reaktortemperaturen, insbesondere durch Regelung der zugeführten Brennstoffmenge, eingehalten wird.
- 15
- 20

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

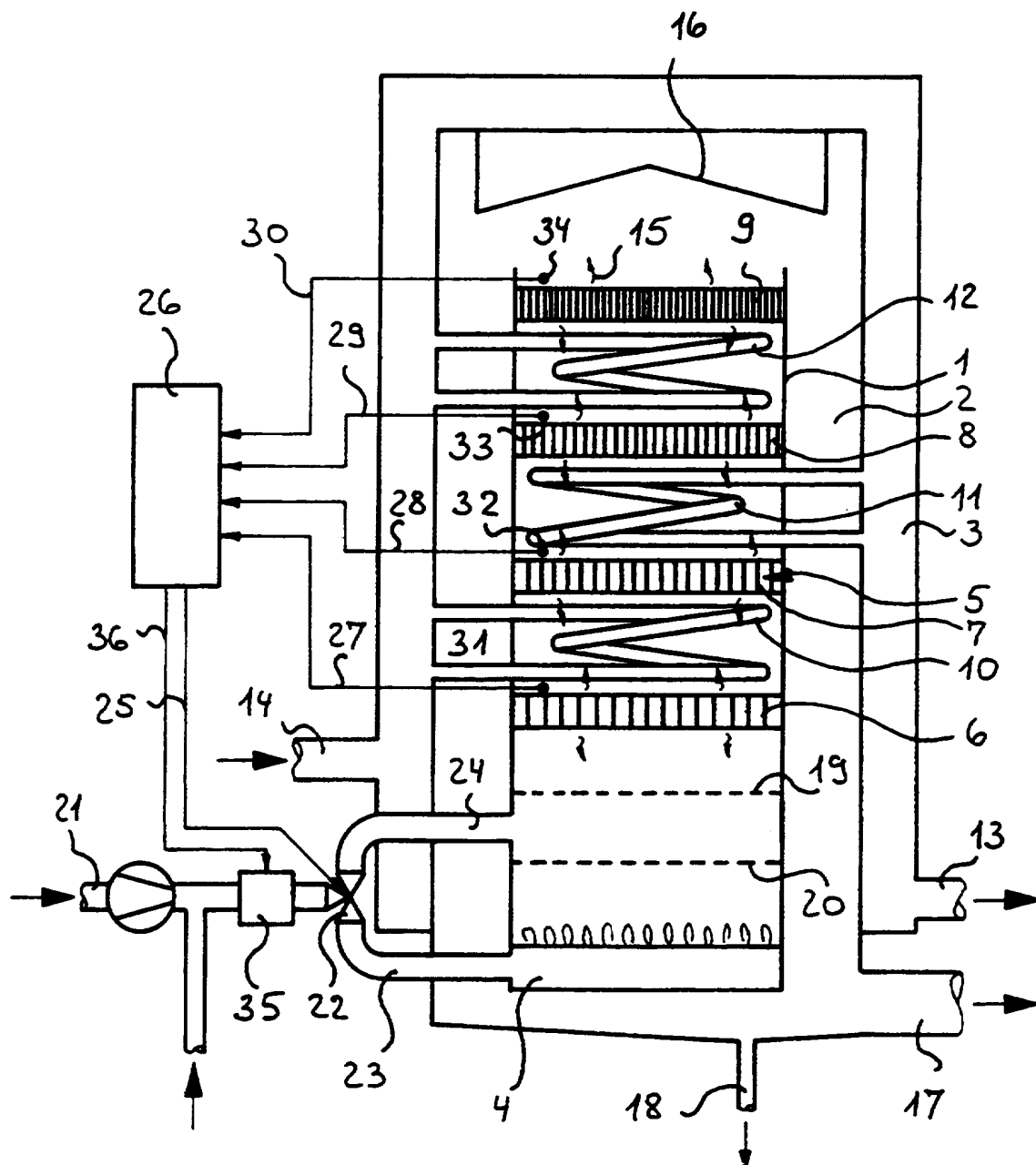


Fig. 2

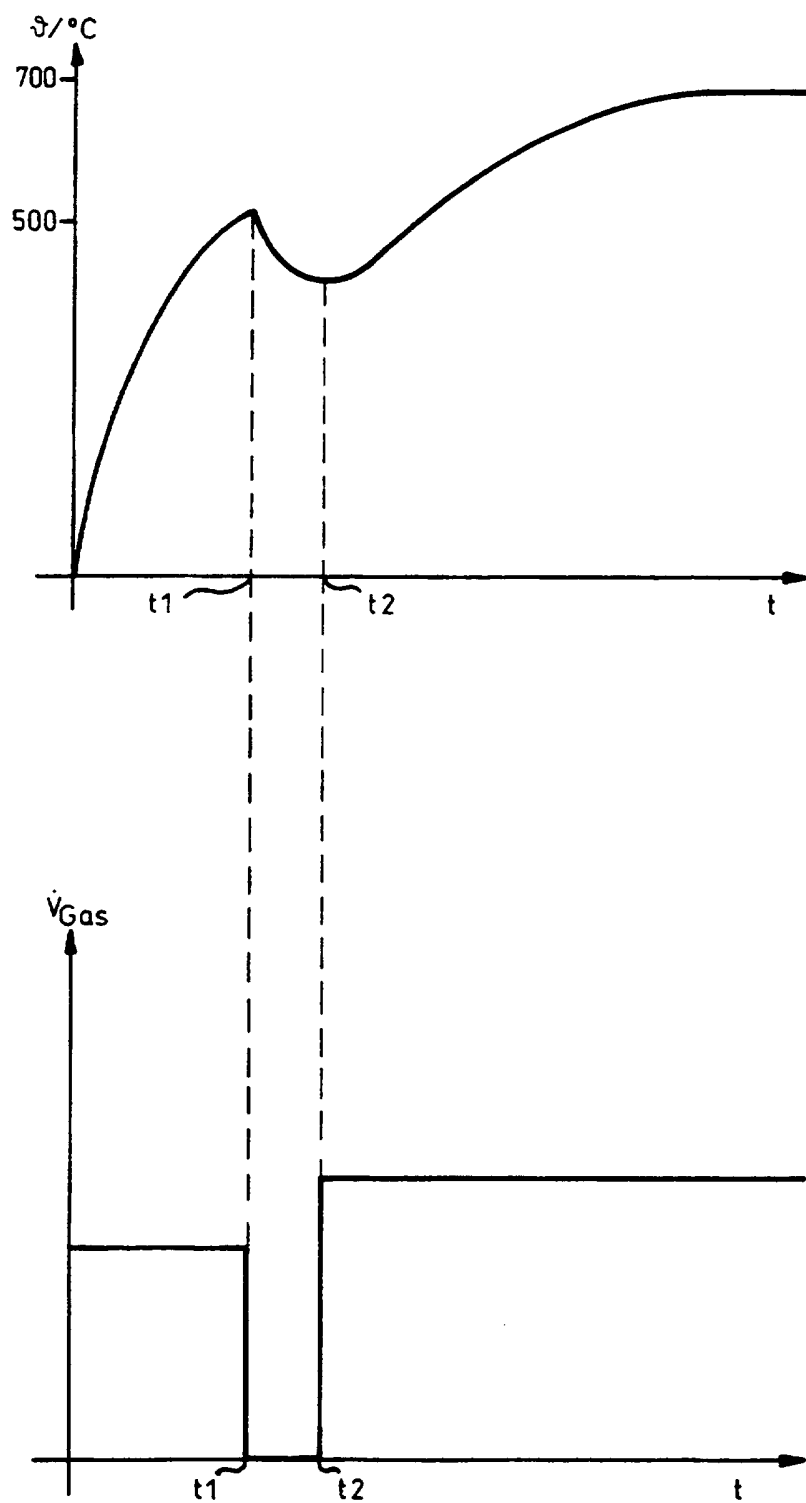




Fig. 3

