**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

**(51) Internationale Patentklassifikation 5 :** F24H 1/00, F23C 11/00

A1

**(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:** WO 93/16335

**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:** 19. August 1993 (19.08.93)

**(21) Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE93/00079

**(22) Internationales Anmeldedatum:** 27. Januar 1993 (27.01.93)

**(30) Prioritätsdaten:**
P 42 04 320.4 13. Februar 1992 (13.02.92) DE

**(71) Anmelder** *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-8000 München 19 (DE).

**(72) Erfinder; und**
**(75) Erfinder/Anmelder** *(nur für US) :* LEDJEFF, Konstantin [DE/DE]; Kleinbühlerweg 6, D-7812 Bad Krozingen (DE). SCHULER, Alexander [DE/DE]; Feldbergstrasse 24c, D-7800 Freiburg (DE). GIESHOFF, Jürgen [DE/DE]; Von-Harsch-Strasse 6a, D-7801 Reute (DE).

**(74) Anwalt:** RACKETTE, Karl; Kaiser-Joseph-Strasse 179, Postfach 13 10, D-7800 Freiburg (DE).

**(81) Bestimmungsstaaten:** JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

**Veröffentlicht**
*Mit internationalem Recherchenbericht.*

**(54) Title:** WATER HEATER

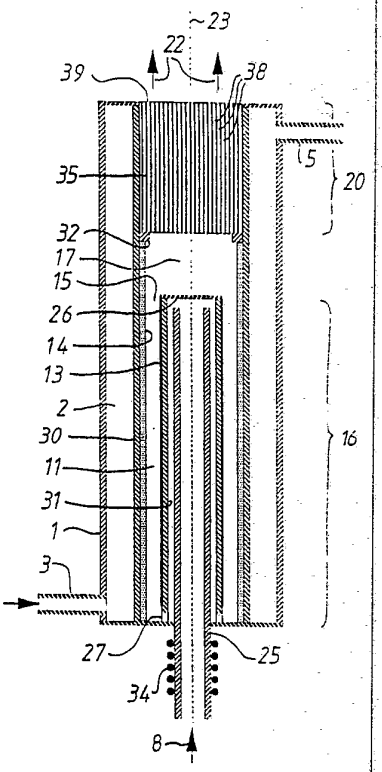
**(54) Bezeichnung:** WARMWASSERBEREITER

**(57) Abstract**

A water heater has a gas inlet (8) for a mixture of gas and air and an inlet for a fluid (2) to be heated. The gas-air mixture passes through a combustion chamber (11, 18) which is at least partily surrounded by at least one fluid chamber (4, 7) filled with the fluid (2). The exhaust gas leaving the combustion chamber(s) (11, 18) passes through an exhaust gas heat exchanger together withthe fluid (2). Here there are two combustion stages, the first (16) being a catalytic gap burner (11) and the second being a monolithic burner (18, 19). Owing to the two-stage arrangement, about 80 % of the combustion gas is burnt in the first combustion stage (16) while the remainder is consumed even at the low partial pressures in the second combustion stage (20) virtually without any residue, and especially without the emission of $NO_x$.

**(57) Zusammenfassung**

Ein Warmwasserbereiter verfügt über einen Gaseinlaß (8) für ein Brenngas/Luft-Gemisch und einen Einlaß für ein aufzuheizendes Fluid (2). Das Brenngas/Luft-Gemisch durchströmt eine Brennkammer (11, 18), die zumindest teilweise von mindestens einer mit dem Fluid (2) gefüllten Fluidkammer (4, 7) umgeben ist. Das aus der oder den Brennkammern (11, 18) entweichende Abgas durchströmt zusammen mit dem Fluid (2) einen Abgaswärmetauscher. Dabei sind zwei Verbrennungsstufen vorgesehen, wobei die erste Verbrennungsstufe (16) ein katalytischer Spaltbrenner (11) und die zweite Verbrennungsstufe (20) ein monolithischer Brenner (18, 19) ist. Durch die zweistufige Anordnung werden in der ersten Verbrennungsstufe (16) ungefähr 80 Prozent des Brenngases umgesetzt, wobei die verbleibenden Brenngasbestandteile selbst bei den dann vorliegenden niedrigen Partialdrükken in der zweiten Verbrennungsstufe (20) praktisch rückstandslos, insbesondere ohne $NO_x$-Emissionen, umgesetzt werden.



*LEDIGLICH ZUR INFORMATION*

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| AT | Österreich | | | MR | Mauritanien |
| AU | Australien | FR | Frankreich | MW | Malawi |
| BB | Barbados | GA | Gabon | NL | Niederlande |
| BE | Belgien | GB | Vereinigtes Königreich | NO | Norwegen |
| BF | Burkina Faso | GN | Guinea | NZ | Neuseeland |
| BG | Bulgarien | GR | Griechenland | PL | Polen |
| BJ | Benin | HU | Ungarn | PT | Portugal |
| BR | Brasilien | IE | Irland | RO | Rumänien |
| CA | Kanada | IT | Italien | RU | Russische Föderation |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | JP | Japan | SD | Sudan |
| CG | Kongo | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden |
| CH | Schweiz | KR | Republik Korea | SK | Slowakischen Republik |
| CI | Côte d'Ivoire | KZ | Kasachstan | SN | Senegal |
| CM | Kamerun | LI | Liechtenstein | SU | Soviet Union |
| CS | Tschechoslowakei | LK | Sri Lanka | TD | Tschad |
| CZ | Tschechischen Republik | LU | Luxemburg | TG | Togo |
| DE | Deutschland | MC | Monaco | UA | Ukraine |
| DK | Dänemark | MG | Madagaskar | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| ES | Spanien | ML | Mali | VN | Vietnam |
| FI | Finnland | MN | Mongolei | | |

# Warmwasserbereiter

Die Erfindung betrifft einen Warmwasserbereiter mit einem Gaseinlaß für ein Brenngas/Luft-Gemisch, einem Einlaß für ein aufzuheizendes Fluid, mindestens zwei von dem Brenngas/Luft-Gemisch durchströmten Verbrennungsstufen mit katalytischen Brennkammern, die zumindest teilweise von mindestens einer mit dem Fluid gefüllten Fluidkammer umgeben sind, und mit einem von diesem Fluid und mit dem aus den Brennkammern entweichenden Abgas in verschiedenen Kammern durchströmten Abgaswärmetauscher, wobei die zweite Verbrennungsstufe als ein monolithischer Brenner ausgestaltet ist.

Solche Warmwasserbereiter sind im Heizungsbau bekannt und dienen z.B. dazu, Warmwasser für eine Wohnungsheizung aufzuheizen und über eventuell einen weiteren Wasser-Wasser-Wärmetauscher die Warmwasserversorgung von diesen Wohnungen sicherzustellen. Bekannte Flammbrenner weisen dabei den Nachteil auf, daß sie eine hohe schädliche $NO_x$-Emission aufweisen. Aus der DE 33 32 572 A1 ist ein katalytischer Brenner bekannt, der einen geringeren Schadstoffausstoß aufweist.

Diese Vorrichtung nach der DE 33 32 572 A1 verfügt über zwei getrennte Luftzuführungen, die Primär- und Sekundärluft vor der ersten Verbrennungsstufe bzw. zwischen der ersten und der zweiten Verbrennungsstufe zuleiten. Mit dieser getrennten Luftzuführung im Verhältnis von 60 Prozent zu 40 Prozent soll die Wärmefreisetzung zu jeweils 50 Prozent in beiden Stufen gewährleistet werden.

Dieser Warmwasserbereiter besteht in seinen katalytischen Verbrennungsstufen aus zwei jeweils identischen monolithischen Brennern, die zwischen jeweils zwei Wärmetauschern eingebettet sind, wobei Metallgitter

einen Flammenrückschlag verhindern sollen. Desweiteren ist zwischen diesem Metallgitter und dem monolithischen Brenner ein nicht beschichteter Keramikkörper angeordnet, der den Flammenrückschlag und ein offenes Verbrennen außerhalb des eigentlichen Brennraums verhindern soll.

Diese Vorrichtung weist eine Vielzahl von Nachteilen auf. Zum einen benötigt sie eine genaue Luftregelung zur Aufteilung der zugeführten Primärluft- und Sekundärluftmenge. Eine solche Regeleinheit mit den zusätzlich notwendigen Leitungszuführungen verkompliziert den Aufbau des Warmwasserbereiters. Durch diese Ausgestaltung werden zwar Gaszusammensetzungen erreicht, die eine Ausbildung einer kritischen Temperatur in den Brennkammern vermeiden. Durch die Anordnung der Keramikplatte und des Metallgitters wird aber nicht der Flammenbetrieb zwischen den beiden Keramiken mit und ohne Katalysator verhindert, es tritt dagegen sogar eine starke Erhöhung des Gesamtdruckabfalls des Brenners ein.

Bei der Ausnutzung der entstehenden Wärmeenergie wird aufgrund der Anordnung der Wärmetauscher und den quasi-adiabatischen Betrieb nur der konvektive Teil genutzt. Aufgrund der schlechten Wärmeleitung der keramischen Monolithen, die mit jeweils ungefähr 50 Prozent der entstehenden Wärme belastet werden, können sogenannte heiße Punkte in den monolithischen Brennern entstehen, die zu einer vorzeitigen Alterung der Katalysatoren führen können.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Warmwasserbereiter der eingangs genannten Art zu schaffen, der mit einem einfachen Aufbau eine höhere Brennstoffaus-

nutzung bei geringeren Schadstoffemissionen im Abgas gestattet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß für einen Warmwasserbereiter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß die erste Verbrennungsstufe als ein katalytischer Spaltbrenner ausgestaltet ist, wobei der die Brennkammer der ersten Verbrennungsstufe bildende, von dem Gasgemisch durchströmte Verbrennungsspalt zwischen einer mit einer Keramikschicht ausgekleideten Wand auf der der Fluidkammer zugewandten Seite und einer mit einer Katalysatorschicht beschichteten Seite begrenzt ist, und daß die Spaltbreite in Abhängigkeit von der durch den Gasdurchsatz vorgegebenen Durchströmungsgeschwindigkeit derart vorbestimmt ist, daß die Flammenrückschlaggeschwindigkeit kleiner als die besagte Durchströmungsgeschwindigkeit ist. Dadurch, daß ein zweistufiger katalytischer Brenner mit für unterschiedliche Wärmeleistungen ausgelegten Stufen verwendet wird, ist es möglich, das Brenngas rückstandslos umzusetzen, so daß in dem aus dem Warmwasserbereiter austretenden Abgas weder das Brenngas noch ein $NO_x$-Anteil in relevanter Größe nachgewiesen werden kann. Durch die Ausbildung des Verbrennungsspaltes der ersten Stufe zwischen einer mit einer Keramikschicht ausgekleideten Wand auf der der Fluidkammer zugewandten Seite und einer mit der Katalysatorschicht beschichteten Seite können die für eine hohe Umsatzrate notwendigen Temperaturen von 800 Grad Celsius gehalten und gleichzeitig ein zügiger Wärmefluß in das aufzuheizende Fluid gewährleistet werden.

Ein Flammenrückschlag wird dabei wirkungsvoll dadurch verhindert, daß die Spaltbreite in Abhängigkeit von der durch den Gasdurchsatz vorgegebenen Durchströmungsgeschwindigkeit derart vorbestimmt ist, daß die

Flammenrückschlaggeschwindigkeit kleiner als die besagte Durchströmungsgeschwindigkeit ist.

Dadurch, daß das Brenngas-Gemisch vor Einleitung in den katalytischen Verbrennungsspalt im Gegenstrom an der Rückseite der die katalytische Schicht tragenden Wand zum Vorheizen des Gemisches vorbeileitbar ist, kann es durch die während der Reaktion freiwerdende Wärme vorgeheizt werden, so daß fast im ganzen Verbrennungsspalt ideale Umsetzungstemperaturen herrschen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Es werden nun mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Warmwasserbereiters gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Warmwasserbereiters gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 3 eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Warmwasserbereiters gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Die Fig. 1 zeigt die wesentlichen Elemente eines Warmwasserbereiters gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei ist unter Warmwasserbereiter eine Vorrichtung zu verstehen, mit der auch jedes andere Fluid erwärmbar ist und die auf den technischen Merkmalen einer Aufheizvorrichtung für Wasser beruht. Der Fachmann wird daher als aufzuheizendes Medium jedes

Fluid ansehen, wobei die Verwendung von Wasser, auch in Gemischen, ein Spezialfall ist.

Für eine übliche Warmwasserversorgung eines Hauses mit mehreren Wohneinheiten sind Heizleistungen von zum Beispiel 15 - 30 Kilowatt notwendig. Diese werden vorteilhafterweise in einzelnen Modulen von zum Beispiel 1 - 5 Kilowatt Leistung zur Verfügung gestellt, so daß die für die benötigten Heizleistungen notwendige Modulzahl individuell zusammengestellt werden kann. In der Fig. 1 ist ein solches Modul dargestellt. Es weist gegenüber den in den anderen Fig. dargestellten Modulen einen höheren Gasdurchsatz und eine höhere Heizleistung auf.

Das Modul ist in einem im wesentlichen zylindrischen Hohlkörper 1 eingebaut. Das aufzuwärmende Fluid, zum Beispiel Wasser, welches in den entsprechenden Kammern mit dem Bezugszeichen 2 versehen ist, wird über einen unteren seitlichen Einlaß 3 sowie über einen zentral um die Zylinderachse 23 herum angeordneten weiteren Einlaß 3 in das Innere des Moduls eingeleitet. Das in die äußere ringförmige Fluidkammer 4 einströmende Fluid verläßt diese auf der dem Einlaß 3 gegenüberliegenden Seite über einen oberen Auslaß 5. Das zentral einströmende Fluid 2 fließt in dem Rohr 6 in das Modul hinein und fließt im Gegenstrom koaxial in einer an ihrem oberen Ende abgedeckten Hülse 7 um den Einlaßort herum wieder hinaus.

Das Kühlfluid 2 wird durch sich umsetzendes Gas aufgeheizt. Dies besteht aus einem Brenngas/Luft-Gemisch, das über an der Unterseite des Moduls angeordnete Einlässe 8 in das Modul eingeleitet wird. Vorteilhafterweise sind in dem Modul hinter den Einlässen 8 Räume zur Gasverteilung und Verwirbelung 9 vorgesehen, in denen das Gas homogen durchgemischt wird. Diese

Räume 9 verläßt das Brenngas/Luft-Gemisch jeweils über Öffnungen 10 und gelangt in Verbrennungsspalte 11, die an hohle zylindrische Rohre 12 angrenzen. Die hohlen zylindrischen Rohre 12 bestehen vorzugsweise aus einem Metall, welches außen mit einem Katalysator 13 beschichtet ist. Die gegenüberliegende Seite des jeweiligen Verbrennungsspaltes 11 wird von einer hier ebenfalls zylindrischen Fluidkammerwand 30 gebildet, die mit einer wärmedämmenden Keramikschicht 14 belegt ist, die jeweils die Wände zu den beiden Fluidkammern 4 und 7 auskleidet. Das durch die Öffnung 10 in die Verbrennungsspalte 11 einströmende Gas wird an der katalytisch wirkenden Oberfläche 13 unter Wärmeentwicklung umgesetzt. Diese Wärme wird über die als Wärmedämmschicht wirkende Keramikschicht 14 an das Fluid 2 übertragen, das so erwärmt wird und im Kühlmittelkreislauf aus dem Auslaß 5 herausfließt.

Die Katalysatorschicht 13 besteht vorteilhafterweise aus einem Edelmetall, vorzugsweise aus Platin oder Palladium. Andere geeignete Materialien sind die Oxide einiger Nebengruppenelemente und bestimmte Perowskite, z.B. Kalziumtitanoxid.

Ein direkter Kontakt der Fluidkammerwand 30 mit dem Verbrennungsspalt 11 und über Gas-Konvektion mit der die Katalysatorschicht 13 tragenden Wand 12 wird vorzugsweise vermieden, da das Gas bei der Umsetzung eine Temperatur von vorzugsweise 800 Grad Celsius erreichen sollte und der Umsetzungsprozeß erst bei 350 Grad Celsius beginnt. Die Wärmedämmschicht 14 gegenüber den Fluidkammern 4 und 7 besteht in den hier beschriebenen Ausführungsformen aus einer Keramikschicht. Sie kann aber auch aus einer in einer besonderen Zwischenkammer eingeschlossenen Gasschicht gebildet werden.

Der die Katalysatorschicht 13 tragende Hohlzylinder 12 ist vorzugsweise hohl, damit die Wärme beim Start der katalytischen Reaktion nicht in einen als Wärmespeicher dienenden eventuellen Vollzylinder fließen kann, sondern direkt zum Aufheizen der Katalysatorschicht und des Gasgemisches dient. Weiter kann so die zu Temperaturen von über 800 Grad Celsius führende, darüberhinausgehende Wärme im thermischen Gleichgewicht direkt und ohne das Aufheizen eines Zwischenspeichers an das Fluid 2 abgegeben werden kann. Vorteilhafterweise besteht der Hohlzylinder 12 aus einem dünnen metallischen Rohr, womit eine gleichmäßige Wärmetönung der Katalysatorschicht 13 über fast seine gesamte Zylinderfläche gewährleistet werden kann. Denn die Geschwindigkeit der Reaktion hängt insbesondere von der Temperatur und von der Konzentration beziehungsweise den Partialdrücken der beteiligten Gase ab.

Im unteren anfänglichen Umsetzungsbereich des Verbrennungsspaltes 11 liegt die Temperatur zu Beginn der Reaktion ungefähr bei 350 Grad Celsius, zumindest also weit unter 800 Grad Celsius, so daß der Umsetzungsprozeß nicht mit der möglichen Geschwindigkeit ablaufen kann. Daher wirkt hier das dünne metallische Rohr 12 als Heizung, die die im mittleren Umsetzungsbereich entstehende Wärme direkt in den unteren Bereich weiterleitet, so daß dort unmittelbar nach Reaktionsbeginn ebenfalls eine optimale Temperatur herrscht.

Im oberen Endbereich des Verbrennungsspaltes 11 ist bereits ein großer Prozentsatz des Brenngases umgesetzt, so daß auf Grund der sinkenden Partialdrücke die Reaktionsgeschwindigkeit zurückgeht. Die zurückgehende Reaktionsgeschwindigkeit führt weiter zu einem Absinken der Temperatur der Katalysatorschicht 13, so daß ein noch drastischerer Einbruch in der Reaktionsgeschwindigkeit zu erwarten wäre, womit ein hoher ver-

bleibender Überschuß an nicht verbrannten Gas verbleiben würde. Hier gleicht das dünne metallische Rohr 12 das Absinken der Temperatur auf Grund der zurückgehenden Reaktionsgeschwindigkeit durch eine Wärmezufuhr aus dem mittleren heißen Bereich der Katalysatorschicht 13 aus, so daß trotz sinkender Partialdrücke ein zufriedenstellender Umsatz im oberen Endbereich des 10 bis 20 Zentimeter langen Verbrennungsspaltes 11 erreichbar ist.

Der beschriebene zur Verbrennung dienende Gasspalt 11 weist dabei eine Breite auf, die bei der durch den Gasdurchsatz vorgegebenen Durchströmungsgeschwindigkeit so vorbestimmt ist, daß die gleichzeitig durch die Art des verwendeten Brenngases vorgegebene Flammenrückschlaggeschwindigkeit kleiner als die besagte Durchströmungsgeschwindigkeit in Vorwärtsrichtung ist. Denn die Temperatur des Gasgemisches ist größer als ihre Selbstentzündungstemperatur, so daß auf diese Weise ein Flammrückschlag und die Ausbildung einer stabilen Flamme verhindert werden kann.

Das aus den oberen Öffnungen 15 der Verbrennungsspalte 11 der ersten Verbrennungsstufe 16 des katalytischen Brenners heraustretende Gas enthält immer noch circa 10 - 30 Prozent Brenngas. Dieses wird im Luftspalt 17 frei verteilt, so daß es in die Poren 18 des Katalysatorschwammes 19 eindringen kann. Der Katalysatorschwamm 19 besteht aus einem Keramikschaum, der über eine feinporige Struktur verfügt, die mit dem Katalysatormaterial beschichtet ist. Eine solche Katalysatorstruktur wird als "monolithischer Brenner" 20 bezeichnet.

In diesem ist der Abstand zwischen den einzelnen das Katalysatormaterial tragenden Wänden der Poren 18 des Schwammes 19 sehr viel geringer als in dem Verbren-

nungsspalt 11, so daß selbst bei den in dem vorliegenden Rest-Brenngas niedrigen Partialdrücken die verbleibenden Brenngasbestandteile praktisch rückstandslos umgesetzt werden. Hierbei entstehen selbst bei den niedrigsten Brenngaskonzentrationen Temperaturen von ungefähr 1000 Grad Celsius. Die entsprechende Wärme kann kaum über das schlecht wärmeleitende Katalysatorschwammaterial abgegeben werden, so daß die hohe die Diffusionsgeschwindigkeit der Gasteilchen begünstigende Temperatur von 1000 Grad Celsius im einem mittleren, im wesentlichen bezüglich der Achse 23 zylindrischen Bereich 21 des monolithischen Brenners 20 gehalten werden kann.

Dabei wird die Größe des Porenmaterials in Abhängigkeit von der gewünschten Brennleistung auch so gewählt, daß die erreichte Temperatur nicht stark über die besagten 1000 Grad Celsius ansteigt, da ansonsten das Katalysatormaterial aboxydieren und/oder sich Stickoxyde bilden könnten. Bei der genannte Betriebstemperatur von 1000 Grad Celsius wird das Brenngas in der zweiten Verbrennungsstufe 20 rückstandslos derart verbrannt, daß $NO_x$-Emissionen beziehungsweise Brenngasreste nur mit einer höchstempfindlichen Meßtechnik nachgewiesen werden könnten und daß deren Abgabe in die Luft unbedenklich ist. Das mit dem Bezugszeichen 22 versehene Abgas wird dann in einem in den Figuren nicht dargestellten Abgaswärmetauscher mit dem aus dem Auslaß 5 entströmenden Kühlfluid 2 in Verbindung gebracht, so daß die in dem Abgas enthaltene Wärme das Kühlfluid 2 weiter aufheizen kann. Außerdem besteht dadurch bei entsprechender Verlegung der Zuleitungsrohre des Brenngas/Luft-Gemisches die Möglichkeit, das Brenngas/Luft-Gemisch vorzuheizen.

Somit ist ein zweistufiger katalytischer Brenner beschrieben worden, der eine rückstandslose Verbrennung

eines Brenngases gestattet, wobei die dabei vorzusehenden Dimensionen im ihrem Raumbedarf günstig sind. Bei einer zugrundegelegten Leistung von einigen Kilowatt weist die Länge der ersten Verbrennungsstufe 16 eine Größenordnung zwischen 10 und 15 Zentimetern auf, an die sich nach einem Verwirbelungsspalt 17 von 1 bis 2 Zentimetern Dicke der circa 3 Zentimeter tiefe Katalysatorschwamm 19 anschließt.

Bei der Ausgestaltung der Größenverhältnisse zueinander ist lediglich darauf zu achten, daß es sich bei der zweiten Verbrennungsstufe 20 um einen im wesentlichen adiabatischen Prozeß handelt, daß die Durchströmgeschwindigkeiten der ersten Verbrennungsstufe 16 an die der zweiten Verbrennungsstufe 20 über die Spaltbreiten 11 beziehungsweise Porenbreiten 18 angepaßt sind, und daß die Katalysatorflächen der ersten 16 und zweiten 20 Verbrennungsstufe im richtigen Verhältnis zueinander stehen.

Bei dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist von Vorteil, daß die beiden Verbrennungsstufen 16 und 20 in ein Rohr 1 mit konstantem Außendurchmesser eingesetzt werden können. Dabei ruht der Schwamm 19 in einer einfachen Ausgestaltung der Erfindung auf einem seitlichen inneren Stützring 32, der zugleich ein direktes Beaufschlagen der äußersten Randbereiche 35 des Schwammes 19 mit Gas verhindert, so daß diese Bereiche 35 nicht am Umsetzungsprozeß beteiligt sind und als Wärmedämmschicht wirken.

Es ist auch möglich, daß die zweite Verbrennungsstufe 20 über einen größeren Durchmesser bezüglich der Achse 23 verfügt, so daß die Oberfläche des normal zu der Achse 23 der Vorrichtung stehenden Katalysatorschwammes 19 vergrößert wird, wobei dann die Tiefe der zweiten Verbrennungsstufe 20 entsprechend verkleinert

werden kann, sofern der Verwirbelungsspalt 17 ausreichend tief ist, um eine seitliche Verteilung des einströmenden Rest-Brenngas/Luft-Gemisches ohne eine allzu große Abkühlung zu gestatten. Der Verteilungsspalt weist vorteilhafterweise eine Breite von unter einem bis ungefähr 5 Zentimeter auf.

Die Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem gleiche Merkmale mit gleichen Bezugszeichen wie in der vorausgegangenen Figur bezeichnet werden.

Analog zu der Fig. 1 wird mit dem unteren Einlaß 3 kaltes Fluid 2 in die ringförmige Fluidkammer 4 eingeleitet und über den oberen Auslaß 5 zum Abgaswärmetauscher geführt. An der Innenseite der bezüglich der Achse 23 koaxialen Fluidkammerwand 30 ist eine Wärmedämmschicht angeordnet, die vorzugsweise aus einem Keramikrohr 14 besteht.

Zwischen diesem Keramikrohr 14 und der ebenfalls zylindrischen, mit dem Katalysator beschichteten Katalysatorwand 31 ist der Verbrennungsspalt 11 ausgebildet, dessen Länge vorteilhafterweise zwischen 10 und 30 Zentimetern liegt. Das Brenngas wird zentral über ein auf der Achse 23 angeordnetes Hohlrohr 25 eingeleitet, welches an einer oberen Endplatte 26 in das koaxial angeordnete Katalysatorwandrohr 31 umgeleitet wird, so daß es im Gegenstrom bezüglich dem Verbrennungsspalt 11 zurückfließt und durch radial angeordnete Öffnungen 27 am unteren Ende des Moduls in den Verbrennungsspalt 11 gelangt. Durch dieses doppelte Gegenstromprinzip wird das Brenngas/Luft-Gemisch durch Wärmeleitung und gegebenenfalls Wärmestrahlung von der an der Katalysatorschicht 13 entstehenden Wärme vorgewärmt, so daß es bereits beim Eintritt in den Verbrennungsspalt 11 über

die Auslaßöffnungen 27 eine geeignete die Umsetzung begünstigende Temperatur aufweist.

Beim Start des Umsetzungsprozeß muß das Brenngas/Luft-Gemisch u.U. auf die Starttemperatur von einigen hundert Grad Celsius vorgewärmt werden. Dafür ist eine elektrische Heizschlange 34 vorgesehen, die das Zuführrohr 25 im Bereich des Einlasses 8 des Gasgemisches umgibt. Weiter ist ein in der Fig. nicht dargestellter Thermosensor im Bereich des katalytischen Verbrennungsspaltes 11 der ersten Verbrennungsstufe 16 vorgesehen, mit dessen Temperatursignal die Heizschlange 34 bei Vorliegen eines kalten Gasgemisches einschaltbar und bei Erreichen einer vorbestimmten Gasgemischtemperatur ausschaltbar ist.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 erstreckt sich der ringförmige Kühlmantel 4 entlang der ersten 16 und der zweiten 20 Verbrennungsstufe. Im Bereich der ersten Verbrennungsstufe 16, d.h. angrenzend an den Verbrennungsspalt 11, und vorteilhafterweise ebenfalls im Bereich des Verteilungsraumes 17 ist an der Fluidkammerwand 30 das Keramikrohr 14 vorgesehen. Dieses grenzt dann an den Innenring 32 an, auf dem eine Katalysatorwabe 39 aufgesetzt ist.

Die mit parallelen Striche dargestellte Katalysatorwabe 39 besteht aus einer Vielzahl von nebeneinanderliegenden wabenförmigen Röhrchen 38 aus keramischem Material, die mit dem Katalysatormaterial, also z.B. Platin, ausgekleidet sind. Ein solcher Katalysator wird ebenfalls als "monolithischer Brenner" 20 bezeichnet. In diesem ist der Abstand zwischen den einzelnen das Katalysatormaterial tragenden Wänden erheblich kleiner als die entsprechenden Abstände bei dem Verbrennungsspalt 11, so daß selbst bei den in dem vorliegenden Brenngas niedrigen Partialdrücken die verbleibenden

Brenngasbestandteile praktisch rückstandslos umgesetzt werden.

Die Randbereiche 35 der Katalysatorwabe 39 der zweiten Verbrennungsstufe 20 werden durch den Innenring 32 abgedeckt, so daß sie als Wärmedämmschicht gegenüber der Fluidkammer 4 auftreten, so daß die hohen Temperaturen innerhalb des mittleren Bereichs 21 auch bei geringen Konzentrationen an Brenngas ausgenützt werden können.

Die Fig. 3 schließlich stellt ein drittes Ausführungsbeispiel eines Warmwasserbereiters dar. Gleiche Merkmale dieser Vorrichtung sind mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 und Fig. 2 bezeichnet. Die Vorrichtung nach Fig. 3 ist insbesondere eine Weiterbildung des Moduls nach Fig. 2. Der Aufbau der Gegenstromvorheizung des Brenngas/Luft-Gemisches ist analog aufgebaut und es besteht ebenfalls nur eine ringförmige Fluidkammer 4.

Die Fluidkammer 4 ist aber mit dem auf ihrer Wand 30 befestigten Keramikrohr 14 nur bis in den Bereich des Spaltes 17 hochgezogen. Sie wird von einer radialen Lochplatte 36 abgeschlossen, auf die die Katalysatorwabe 39 aufgesetzt ist, so daß bereits von der Konstruktion her das Rest-Brenngas nur den zentralen Bereich 21 der Katalysatorwabe 39 beaufschlagt. Die äußeren 35 mit parallelen Striche dargestellten wabenförmigen Röhrchen 38 der Katalysatorwabe 39 werden von dem Gas nicht beaufschlagt, da sie von der Lochplatte 36 verschlossen werden. Damit wirken diese aus Keramik bestehenden Röhrchenwände als Wärmedämmung gegenüber dem umgebenden Rohr 1, so daß die hohen Temperaturen innerhalb des mittleren Bereichs 21 auch bei geringen Konzentrationen an Brenngas ausgenützt werden können.

Das Brenngas/Luft-Gemisch 3 kann aus einem Gemisch aus Luft und Methan bestehen, es kann aber auch ein anderer Kohlenwasserstoff wie Propan oder Butan eingesetzt werden. Auch ist es möglich, Alkohole wie Methanol oder Äthanol im Gemisch mit Luft zu verwenden. Natürlich kann es sich auch um in der Gasversorgung von Versorgungsbetrieben bereitgestelltes Erdgas handeln, welches dann $NO_x$-frei verbrannt werden kann.

Für das Katalysatormaterial können insbesondere Platin oder Palladium verwendet werden, wobei die Katalysatormaterialien in den beiden Verbrennungsstufen gleichartig oder auch unterschiedlich sein können.

Neben der Keramikschicht 14 kann zusätzlich oder in Alternative eine gasgefüllte Kammer oder eine Vakuumkammer als Wärmedämmschicht vorgesehen sein. Die Dicke der vorgesehenen Wärmedämmschicht ist so bemessen, daß bei dem vorgesehenen Gasdurchsatz die für das umzusetzende Brenngas/Luft-Gemisch im Bereich des Verbrennungsspaltes 11 die vorbestimmte optimale Temperatur herrscht und gleichzeitig die darüber hinausentwickelte Wärme an das aufzuheizende Fluid 2 abgegeben werden kann.

Die in den Fig. 1, 2 und 3 beschriebenen, in ihrer Gestaltung des Brennraumes unterschiedlichen zweiten Verbrennungsstufen 20 können bezüglich der verschiedenen ersten Verbrennungsstufen 16 ausgetauscht werden. Gleichzeitig ist es möglich, die in der Fig. 2 niedergelegten Merkmale eines monolithischen Brenners 17 in einem größeren Modul wie dem der Fig. 1 mit mehreren bezüglich der Achse 23 achsensymmetrischen Rohren 12 zu realisieren.

Die dargestellten bezüglich einer Achse 23 symmetrischen Kammern bilden eine besonders vorteilhafte raum-

sparende und konstruktiv einfach auszuführende Ausführungsform. Es kann jedoch jede beliebige andere, z.B. quaderförmige Kammerform gewählt werden. Auch können mehrere Ein- und Auslässe 3, 5 und 8 für die verschiedenen Fluide und/oder Verteilungskammern 9 vorgesehen sein.

Patentansprüche

1. Warmwasserbereiter mit einem Gaseinlaß (8) für ein Brenngas/Luft-Gemisch, einem Einlaß für ein aufzuheizendes Fluid (2), mindestens zwei von dem Brenngas/-Luft-Gemisch durchströmten Verbrennungsstufen (16,20) mit katalytischen Brennkammern, die zumindest teilweise von mindestens einer mit dem Fluid (2) gefüllten Fluidkammer (4,7) umgeben sind, und mit einem von diesem Fluid (2) und mit dem aus den Brennkammern entweichenden Abgas in verschiedenen Kammern durchströmten Abgaswärmetauscher, wobei die zweite Verbrennungsstufe (20) als ein monolithischer Brenner (18,19,38,39) ausgestaltet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Verbrennungsstufe (16) als ein katalytischer Spaltbrenner (11) ausgestaltet ist, wobei der die Brennkammer der ersten Verbrennungsstufe (16) bildende, von dem Gasgemisch durchströmte Verbrennungsspalt zwischen einer mit einer Keramikschicht (14) ausgekleideten Wand (30) auf der der Fluidkammer (4) zugewandten Seite und einer mit einer Katalysatorschicht (13) beschichteten Seite (12,31) begrenzt ist, und daß die Spaltbreite in Abhängigkeit von der durch den Gasdurchsatz vorgegebenen Durchströmungsgeschwindigkeit derart vorbestimmt ist, daß die Flammenrückschlaggeschwindigkeit kleiner als die besagte Durchströmungsgeschwindigkeit ist.

2. Warmwasserbereiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas-Gemisch vor Einleitung in den katalytischen Verbrennungsspalt im Gegenstrom an der Rückseite der die Katalysatorschicht (13) tragenden Wand (31) zum Vorheizen des Gemisches vorbeileitbar ist.

3. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der monolithi-

sche Brenner (18,38) in der Ebene normal zur Durchflußrichtung des Gasgemisches nur durch eine vorbestimmte Fläche (32,36) in einem mittigen Bereich (21) von dem aus der ersten Verbrennungsstufe (16) austretenden Gasgemisch durchströmbar ist, so daß die verbleibenden Randbereiche (35) der zweiten Verbrennungsstufe (20) am Umsetzungsprozeß nicht beteiligt sind und einen Wärmeschild gegenüber den Außenwänden (1) des Warmwasserbereiters bilden.

4. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektrische Heizschlange (34) das Zuführrohr (25) im Bereich des Einlasses (8) des Gasgemisches in die erste Verbrennungsstufe (16) für ein Vorheizen desselben umgibt und daß ein Thermosensor im Bereich des katalytischen Verbrennungsspaltes (11) der ersten Verbrennungsstufe (16) vorgesehen ist, mit dessen Temperatursignal die Heizschlange (34) bei Vorliegen einer niedrigen Gasgemischtemperatur einschaltbar und bei Erreichen einer vorbestimmten Gasgemischtemperatur ausschaltbar ist.

5. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den beiden Verbrennungsstufen (16 und 20) ein Verteilungs- und Verwirbelungsspalt (17) vorgesehen ist.

6. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der das aufzuheizende Fluid (2) enthaltende Fluidmantel (4) nur in der und um die erste Verbrennungsstufe (16) angeordnet ist.

7. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der monolithische Brenner (18,38) die Gestalt einer Katalysatorwabe (38) aufweist.

8. Warmwasserbereiter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der monolithische Brenner (18,38) die Gestalt eines Katalysatorschaums (18) aufweist.

9. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Zuflußkanal des Gasgemisches mindestens eine Verwirbelungskammer (9) vorgesehen ist.

10. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorschicht (13) der ersten Verbrennungsstufe auf einer dünnen metallischen Unterschicht (12,31) aufgebracht ist, so daß eine gute Wärmeverteilung längs des Umsetzungsbereiches des Verbrennungsspaltes (11) gewährleistet ist,

11. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Katalysatormaterial (13,19,39) aus Platin, Palladium oder oxidischen Materialien besteht.

12. Warmwasserbereiter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas ein Alkan oder ein Alkohol ist.

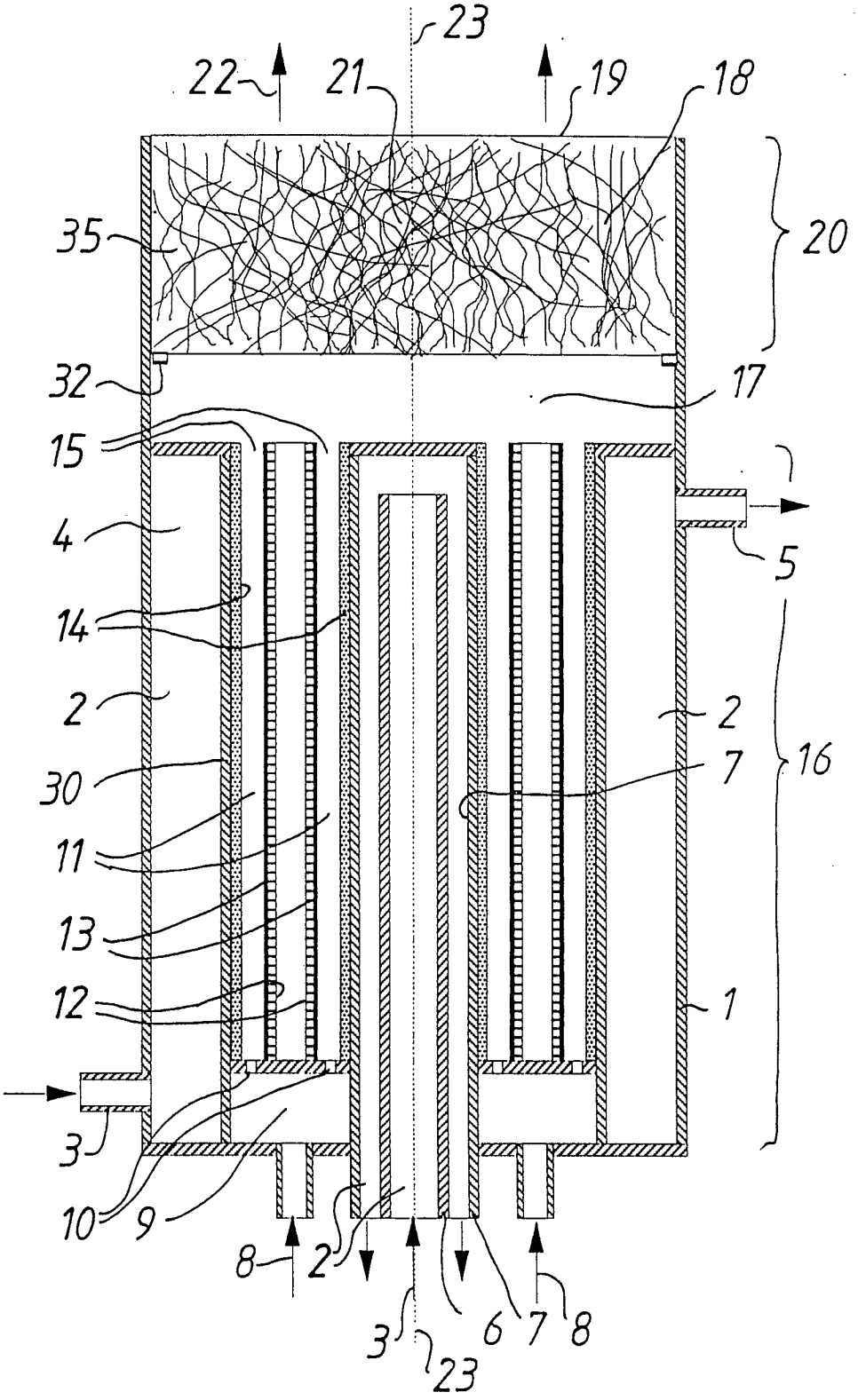

23
22
21
19
18
20
35
32
17
15
4
5
14
2
2
16
7
30
11
13
12
1
3
10
9
8
2
3
6
7
8
23

Fig.1

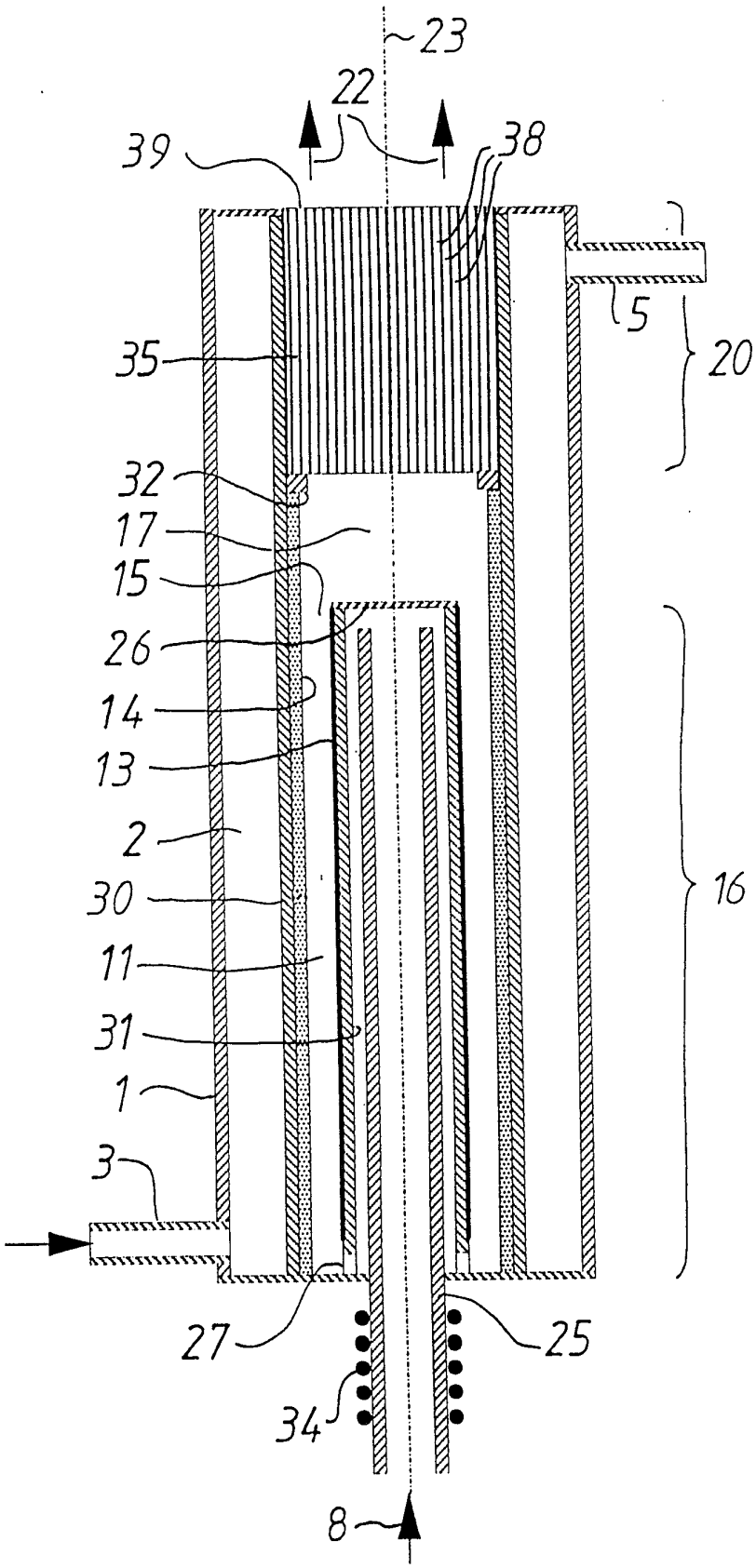



Fig. 2

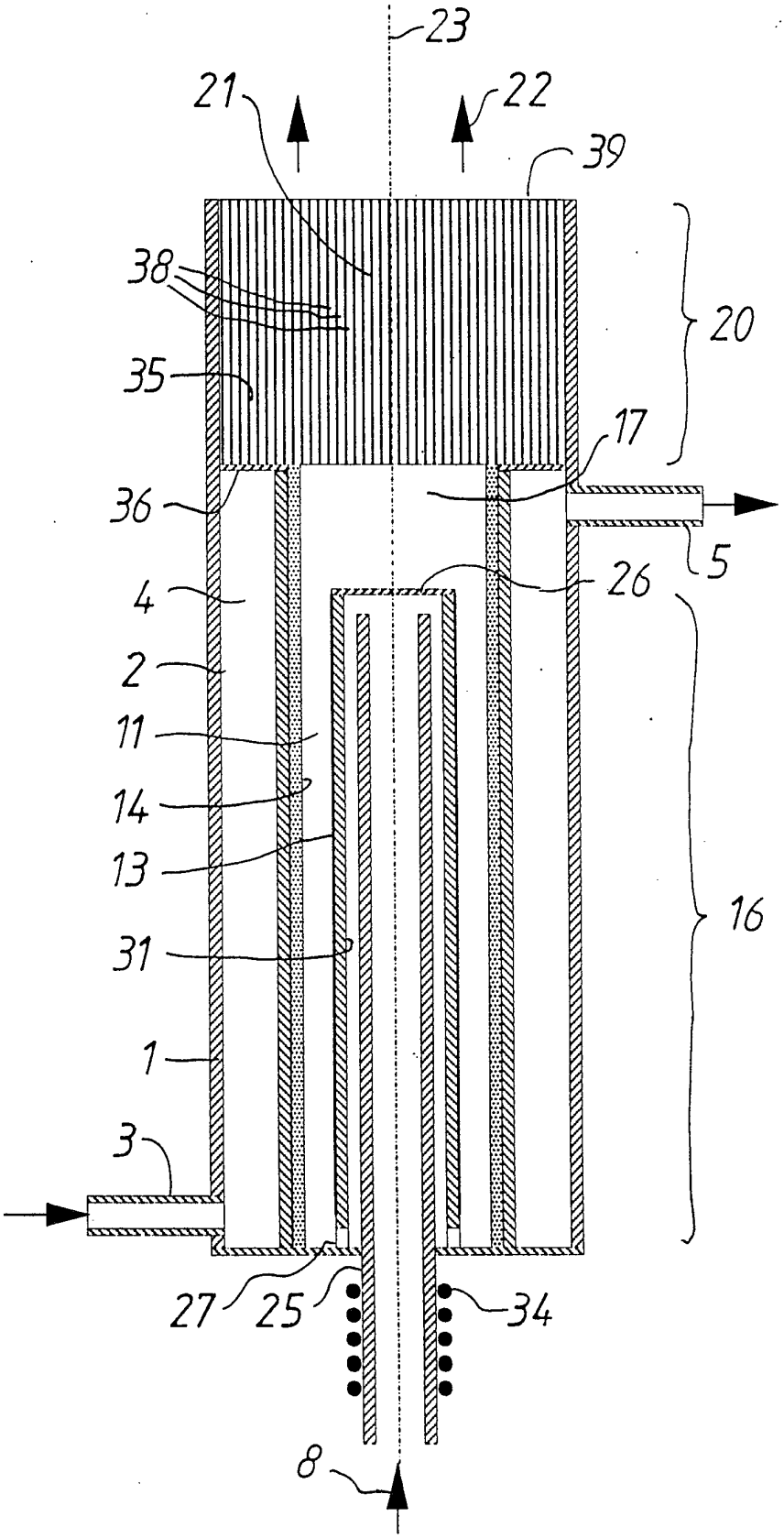



Fig.3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 93/00079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 5 F24H1/00; F23C11/00
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. 5 F24H ; F23C ; F23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | GB,A,2 243 310 (ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED) 30 october 1991 see abstract | 1 |
| A | US,A,4 197 701 (BOYUM) 15 April 1980 see abstract | 3 |
| A | FR,A,2 647 882 (GIUNTOLI) 7 December 1990 see abstract | 1 |
| A | DE,A,3 332 572 (INSUMMA PROJEKTGESELLSCHAFT) 28 March 1985 cited in the application | |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 19 March 1993 (19.03.93) | 29 March 1993 (29.03.93) |
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office | Authorized officer |
| Facsimile No. | Telephone No. |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

# ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 9300079
SA 69274

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 19/03/93

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---|---|---|
| GB-A-2243310 | 30-10-91 | DE-A- | 4111607 | 31-10-91 |
| | | FR-A- | 2661481 | 31-10-91 |
| US-A-4197701 | 15-04-80 | AU-B- | 506873 | 24-01-80 |
| | | AU-A- | 2089976 | 29-06-78 |
| | | BE-A- | 849927 | 28-06-77 |
| | | CA-A- | 1073334 | 11-03-80 |
| | | CH-A- | 615008 | 28-12-79 |
| | | DE-A- | 2659225 | 07-07-77 |
| | | FR-A,B | 2337306 | 29-07-77 |
| | | GB-A- | 1571809 | 16-07-80 |
| | | JP-A- | 52084309 | 13-07-77 |
| | | SE-B- | 424226 | 05-07-82 |
| | | SE-A- | 7614588 | 30-06-77 |
| FR-A-2647882 | 07-12-90 | None | | |
| DE-A-3332572 | 28-03-85 | DE-A- | 3339741 | 15-05-85 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/DE 93/00079

Internationales Aktenzeichen

## I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 F24H1/00; F23C11/00

## II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff [7]

| Klassifikationssytem | Klassifikationssymbole |
|---|---|
| Int.Kl. 5 | F24H ; F23C ; F23D |

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen [8]

## III. EINSCHLAGIGE VEROFFENTLICHUNGEN [9]

| Art.° | Kennzeichnung der Veröffentlichung [11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile [12] | Betr. Anspruch Nr.[13] |
|---|---|---|
| A | GB,A,2 243 310 (ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED) 30. Oktober 1991 siehe Zusammenfassung --- | 1 |
| A | US,A,4 197 701 (BOYUM) 15. April 1980 siehe Zusammenfassung --- | 3 |
| A | FR,A,2 647 882 (GIUNTOLI) 7. Dezember 1990 siehe Zusammenfassung --- | 1 |
| A | DE,A,3 332 572 (INSUMMA PROJEKTGESELLSCHAFT) 28. März 1985 in der Anmeldung erwähnt ----- | |

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen [10] :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgefuhrt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder menreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

## IV. BESCHEINIGUNG

| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
|---|---|
| 19.MAERZ 1993 | 29. 03. 93 |
| **Internationale Recherchenbehörde** | **Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten** |
| EUROPAISCHES PATENTAMT | VAN GESTEL H.M. |

# ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9300079
SA 69274

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 19/03/93
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| GB-A-2243310 | 30-10-91 | DE-A- 4111607 | 31-10-91 |
| | | FR-A- 2661481 | 31-10-91 |
| US-A-4197701 | 15-04-80 | AU-B- 506873 | 24-01-80 |
| | | AU-A- 2089976 | 29-06-78 |
| | | BE-A- 849927 | 28-06-77 |
| | | CA-A- 1073334 | 11-03-80 |
| | | CH-A- 615008 | 28-12-79 |
| | | DE-A- 2659225 | 07-07-77 |
| | | FR-A,B 2337306 | 29-07-77 |
| | | GB-A- 1571809 | 16-07-80 |
| | | JP-A- 52084309 | 13-07-77 |
| | | SE-B- 424226 | 05-07-82 |
| | | SE-A- 7614588 | 30-06-77 |
| FR-A-2647882 | 07-12-90 | Keine | |
| DE-A-3332572 | 28-03-85 | DE-A- 3339741 | 15-05-85 |

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82