

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

**0 197 555****A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 86104859.3

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>: **F 22 B 1/00**  
**F 22 B 3/04**

(22) Anmeldetag: 09.04.86

(30) Priorität: 11.04.85 DE 3512947

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
15.10.86 Patentblatt 86/42(84) Benannte Vertragsstaaten:  
BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE(71) Anmelder: Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt  
für Luft- und Raumfahrt e.V.

D-5300 Bonn(DE)

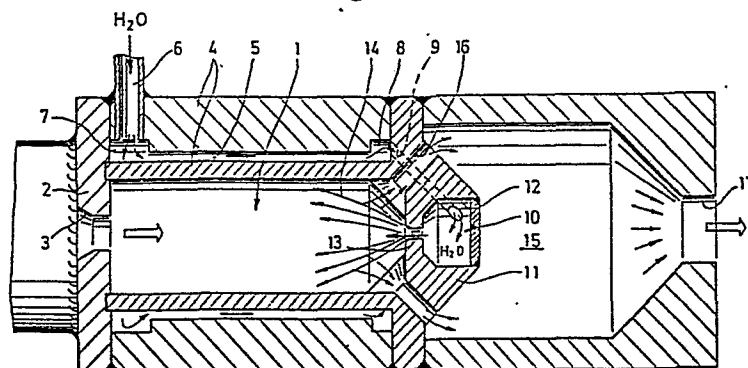
(72) Erfinder: Ramsaier, Manfred  
Langes Eck 7  
D-7156 Neulautern(DE)(72) Erfinder: Sternfeld, Hans J., Prof. Dr.-Ing.  
Im Bannholz 38  
D-7109 Jagsthausen(DE)(72) Erfinder: Wolfmüller, Karlheinz, Dr.-Ing.  
Friedrich-Pfeil-Strasse 6  
D-7519 Eppingen-Adelshofen(DE)(74) Vertreter: Hoeger, Stellrecht & Partner  
Uhlandstrasse 14c  
D-7000 Stuttgart 1(DE)

(54) Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf und Dampferzeuger zur Durchführung dieses Verfahrens.

(57) Um bei einem Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt und bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt, Dampf auch für kleine Leistungen effektiv und homogen zur Verfügung stellen zu können, wird vorgeschlagen, daß man den Druck des Wassers vor dem

Einspritzen gegenüber dem Druck in der Heißgasreaktionskammer zur Erhöhung des Siedepunktes des Wassers soweit erhöht und daß man den Durchsatz des Wassers dabei so wählt, daß das Wasser beim Einspritzen zwar noch zumindest teilweise in flüssigem Zustand vorliegt, dabei aber so stark erhitzt ist, daß es beim Eintritt in die Reaktionskammer aufgrund der dabei eintretenden Entspannung spontan verdampft.

Fig.1



EP 0 197 555 A2

## B E S C H R E I B U N G

VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON WASSERDAMPF UND  
DAMPFERZEUGER ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt, bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser erwärmt und bei dem man das erwärmte Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt.

Ferner betrifft die Erfindung einen Dampferzeuger zur Durchführung dieses Verfahrens mit einer Heißgasreaktionskammer, die von einem im wesentlichen stöchiometrischen Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff durchströmbar ist, welches in der Reaktionskammer zu Wasserdampf reagiert, und mit Kühlkanälen für Wasser in der Wand der Reaktionskammer, die über als Drossel wirkende Einspritzöffnungen mit der Reaktions-

kammer in Verbindung steht.

Ein solcher Dampferzeuger ist beispielsweise im deutschen Patent 29 33 932 beschrieben. Dieser bekannte Dampferzeuger ist jedoch vorwiegend für einen Einsatz bestimmt, bei dem große Mengen von Wasserdampf mit sehr hoher Temperatur (zum Beispiel 1 200° C) und hohen Drücken (zum Beispiel 100 Bar) erzeugbar sind, eine Übertragung dieser bekannten Konstruktion auf sehr kleine Dampferzeuger, die gegebenenfalls intermittierend betreibbar sind und schnell gestartet werden können, ist jedoch nicht möglich. Bei dem Dampferzeuger der deutschen Patentschrift 29 33 932 ist es wesentlich, daß das eingespritzte Wasser die Wände der Reaktionskammer sehr wirksam kühlt, anderenfalls könnte das Wandmaterial die hohen Temperaturen im Reaktionsraum nicht überstehen. Diese Kühlung muß bis zur Einspritzung aufrecht erhalten werden, das heißt bei diesem vorbekannten Dampferzeuger wird das Wasser in den Zufuhrkanälen mit so hohem Durchsatz und unter so hohem Druck zugeführt, daß sichergestellt ist, daß es bis zur Einspritzstelle weit unterhalb der Siedetemperatur verbleibt und in flüssigem Zustand in den Dampferzeuger eingespritzt wird. Nur durch den Erhalt des flüssigen Zustandes und durch eine möglichst niedrigen Temperatur im Verhältnis zur Reaktionskammer kann die erforderlichen Kühlleistung erbracht werden.

Es ist andererseits ein Dampferzeuger bekannt, bei dem das zugeführte Wasser praktisch unter demselben Druck zugeführt wird, der im Reaktionsraum herrscht (DE-OS 2 426 872). Dabei wird das Kühlwasser in einer äußeren, den Reaktionsraum umgebenden Schale erwärmt und verdampft und strömt als reiner

Wasserdampf durch eine innere, unmittelbar an den Reaktionsraum angrenzende Schale zu den Einspritzöffnungen. Eine effektive Kühlung des Reaktionsraums läßt sich dabei nicht erreichen, da unmittelbar angrenzend an den Reaktionsraum dieser nur von dampfförmigem Wasser umströmt wird. Um eine Überhitzung der Brennkammerwand zu vermeiden, wird daher bei diesem bekannten Dampferzeuger vorgeschlagen, mehrere Brennkammern abwechselnd in Betrieb zu nehmen. Dies ist eine aufwendige Lösung, außerdem können die Brennkammern dabei nicht im Gleichgewicht betrieben werden.

Beide beschriebenen Dampferzeuger sind Großgeräte mit denen unter sehr hohen Temperaturen stehender Dampf mit hohem Druck erzeugt wird. Sie sind nur für diesen Einsatzzweck geeignet, können jedoch nicht für Dampferzeuger kleiner Abmessungen verwendet werden, beispielsweise für Dampferzeuger in der Größenordnung einer Länge von 15 cm und für geringe Drücke in der Größenordnung von 2 bis 15 Bar. Bei der Übernahme der Betriebsart des Dampferzeugers der deutschen Patentschrift 29 33 932 auf einen derart kleinen Dampferzeuger wäre es nicht möglich, eine vollständige Verdampfung des zugeführten Wassers zu erreichen, da das flüssig eingespritzte Wasser keinen ausreichenden Kontaktraum mit den heißen Brenngasen zur Verdampfung zur Verfügung hätte. Andererseits könnte der Dampferzeuger der deutschen Offenlegungsschrift 24 26 872 für einen solchen Zweck ebenfalls nicht verwendet werden, da die dampfförmige Umströmung des Reaktionsraums keine ausreichende Kühlung für die Wände des Reaktionsraums bieten könnte.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Verfahren

zur Erzeugung von Wasserdampf so auszubilden, daß auch auf kleinstem Raum mit hohem Wirkungsgrad Dampf hoher Homogenität in kurzer Zeit bereitstellbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man den Druck des Wassers vor dem Einspritzen gegenüber dem Druck in der Heißgasreaktionskammer zur Erhöhung des Siedepunkts des Wassers so weit erhöht und daß man den Durchsatz des Wassers dabei so wählt, daß das Wasser beim Einspritzen zwar noch zumindest teilweise in flüssigem Zustand vorliegt, dabei aber so stark erhitzt ist, daß es beim Eintritt in die Reaktionskammer aufgrund der dabei eintretenden Entspannung spontan verdampft.

Es ist also ein wesentlicher Gedanke des erfindungsgemäßen Verfahrens, daß zwar einerseits das zu verdampfende Wasser bis zur Einspritzstelle zumindest teilweise in flüssigem Zustand vorliegt, so daß eine wirksame Kühlung der Wand des Reaktionsraumes gewährleistet ist, während andererseits dem Wasser bis zur Einspritzöffnung so viel Energie zugeführt worden ist, daß es bei der Entspannung im Bereich der Einspritzöffnung spontan verdampft. Dies ist einmal dadurch zu erreichen, daß die Siedetemperatur des Wassers in den Zuleitungskanälen zu den Einspritzöffnungen durch Druckerhöhung heraufgesetzt wird, andererseits auch durch die entsprechend angepaßte Wahl des Wasserdurchsatzes. Dabei ist es besonders günstig, wenn das zuzuführende Wasser bis auf die in den Zuleitungskanälen aufgrund des erhöhten Drucks herrschende Siedetemperatur erwärmt ist, wenn also mit anderen Worten ein Zweiphasengemisch vorliegt, bei dem das Wasser teilweise

verdampft und teilweise noch flüssig ist. Bei der Entspannung an der Einspritzstelle sinkt entsprechend der Entspannung die Siedetemperatur, so daß der flüssige Anteil dann überhitzt vorliegt und spontan verdampft.

Durch diese Maßnahme wird einerseits eine effektive Kühlung der Reaktorwand aufgrund des flüssigen Wassers erreicht, andererseits ist das zugeführte Wasser im Bereich der Einspritzstelle vollständig verdampft. Es gelingt damit also auch bei Dampferzeugern kleinster Abmessungen, einerseits die Temperaturen der Reaktionsraumwand niedrig zu halten und andererseits eine vollständige Verdampfung zu erreichen.

Es ist vorteilhaft, wenn man die Reaktionsgase nach Einspritzung des Wasser-Dampf-Gemisches durch eine Verengung leitet und dadurch ihre Strömungsgeschwindigkeit erhöht. Eine solche Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, die im übrigen bereits im Bereich der Einspritzöffnungen selbst stattfindet, führt zu einer erhöhten Relativgeschwindigkeit zwischen Wasserdampf einerseits und den flüssigen Wassertröpfchen andererseits. Diese unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit fördert den Verdampfungsvorgang der Wassertröpfchen, so daß durch diese Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und durch eine anschließende Drosselung ebenfalls die Homogenisierung des Dampfes gefördert wird. Die Verengung wirkt außerdem als Drossel, so daß durch die beim Durchströmen der Drossel auftretende Entspannung, die beispielsweise zu einer Halbierung des Wasserdampfdruckes führen kann, eine spontane Verdampfung etwa noch flüssig vorliegender Partikel erfolgt.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn man das erwärmte Dampf-Wasser-Gemisch im Gegenstrom in das Reaktionsgas einspritzt.

Es kann vorgesehen sein, daß man das erwärmte Wasser-Dampf-Gemisch in eine Dralldüse einleitet und aus dieser in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers abgibt, wobei sich dieser Schleier durch die Rotationsbewegung des Wasser-Dampf-Gemisches in der Dralldüse ergibt. Dieser Schleier kann vorzugsweise entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase eingespritzt werden, so daß der Schleier sich an die Innenwand der Reaktionskammer anlegt und die Kühlung dieser Innenwand unterstützt.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Dampferzeuger so auszubilden, daß die Homogenisierung des Dampfes auf kleinstem Raum und in kurzer Zeit gefördert wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Dampferzeuger der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sich an die Reaktionskammer eine Verdampferkammer anschließt, mit der die Reaktionskammer über eine Strömungsverengung in Verbindung steht. Die zweimalige Anordnung von Drosselstellen führt in der oben beschriebenen Weise durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten der Dampfpartikel und der noch nicht verdampften Wassertröpfchen und durch den Druckabfall zu einer Unterstützung der Verdampfung dieser Tröpfchen und damit zu einer Homogenisierung des Wasserdampfes.

Bei Brennern für fossile Brennstoffe, bei denen in die heis-

sen Brenngase Wasser zum Zwecke der Verdampfung eingespritzt wird, ist es zwar bereits bekannt, den Einspritzraum zu verengen und daran eine sich erweiternde Kammer anzuschließen (frazösische Patentschrift 662 772), jedoch ist diese bekannte Vorrichtung nicht mit einem Wasserstoff-Sauerstoff-Brenner vergleichbar, bei dem als Brenngas ebenfalls Wasserdampf entsteht. Bei der bekannten Vorrichtung, die beispielsweise mit Gas oder Öl geheizt wird, entstehen vielmehr Mischungen von Wasserdampf mit den Rauchgasen. Darüber hinaus erfolgt die Verdampfung bei der bekannten Vorrichtung in einem sich verengenden Reaktionsraum und nicht in der sich daran anschließenden vergrößerten Kammer.

Günstig ist es, wenn die Kühlkanäle den Reaktionsraum wendelförmig umgeben, dadurch ergibt sich eine besonders lange Erwärmzeit für das Kühlwasser in der Wand des Reaktionsraumes.

Günstig ist es, wenn die Einspritzöffnungen entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer gerichtet sind.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Einspritzöffnungen Teil einer Dralldüse sind, in die die Kühlkanäle so exzentrisch einmünden, daß das Zwei-Dampf-Wasser-Gemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer in Rotation versetzt wird.

Bei einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle durch die Poren eines porösen, die Reaktionskammer umgebenden Einspritzkörpers gebildet werden, beispiels-

weise durch ein Sintermetallrohr.

Ein besonders platzsparender Aufbau ergibt sich bei einer Ausführungsform, bei der die Verdampferkammer als die Reaktionskammer coaxial umgebender Ringraum ausgebildet ist. Dadurch läßt sich die Baulänge des Dampferzeugers erheblich reduzieren.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer verbundenen inneren Ringraum und einen sich daran anschließenden, ebenfalls coaxial zur Reaktionskammer angeordneten, äußeren Ringraum umfaßt und wenn zwischen den beiden Ringräumen eine Strömungsverengung angeordnet ist. Diese Strömungsverengung dient wieder dazu, den dampfförmigen Bestandteilen und den tröpfchenförmigen Bestandteilen unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten zu vermitteln, so daß die Verdampfung der tröpfchenförmigen Teile gefördert wird.

In allen Fällen ist es vorteilhaft, wenn der Verdampferraum über einen Auslaß mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist. Der Querschnitt kann dabei in der Form ausgebildet sein, daß der Druck des austretenden Dampfes den jeweiligen Erfordernissen angepaßt ist.

Der beschriebene Dampferzeuger kann besonders vorteilhaft zur Erzeugung von Wasserdampfimpulsen verwendet werden, wie sie beispielsweise bei der Sterilisation des Inhalts von Konservendosen verwendet werden. Es kann dazu vorgesehen sein, daß der Verdampferraum über einen intermittierend

verschließbaren Auslaß an einen Dampfverbraucher anschließbar ist, beispielsweise eine Sterilisierstation in einer Konservenverpackungsanlage.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Auslaß mittels eines federbelasteten Auslaßventils verschlossen ist, das bei Überschreiten eines bestimmten Druckes des Wasserdampfes in dem Verdampferraum entgegen der Wirkung einer Feder in die Offenstellung verschiebbar ist. Allein durch die Steuerung der Wasserstoff-Sauerstoff-Zufuhr einerseits und der Menge der Wassereinspritzung andererseits läßt sich die erzeugte Wasserdampfmenge steuern, und dadurch wird die Impulsfolge des federbelasteten Auslaßventils gesteuert, da sich bei verstärkter Wasserdampferzeugung der zur Öffnung des federbelasteten Auslaßventils notwendige Druck schneller aufbaut.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Auslaß mittels eines mit einem Stellantrieb betätigbaren Auslaßventil versehen ist und daß im Verdampferraum ein Drucksensor angeordnet ist, der beim Überschreiten eines bestimmten Druckes in dem Verdampferraum einer Steuerung ein Signal zuführt, welches zur Öffnung des Auslaßventils führt. Das Auslaßventil kann entweder dann für einen bestimmten Zeitraum geöffnet bleiben, oder es wird vorgesehen, daß beim Unterschreiten eines bestimmten Druckwertes im Verdampferraum das Ventil über die Steuerung wieder geschlossen wird.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Längsschnittansicht eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer in der Verlängerung der Reaktionskammer angeordneten Verdampferkammer und einer Draalldüsengegeneinspritzung für das zugesetzte Wasser;
- Figur 2 eine schematische Längsschnittansicht eines abgewandelten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer die Reaktionskammer in Form von Ringräumen konzentrisch umgebenden Verdampferkammer;
- Figur 3 eine Ansicht ähnlich Figur 2 eines abgewandelten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit radialer Einspritzung des Wassers in die Reaktionskammer;
- Figur 4 eine schematische Längsschnittansicht eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer porösen Reaktionskammerinnenwand;
- Figur 5 eine Längsschnittansicht des Auslaßbereichs eines Dampferzeugers mit einem federbelasteten Auslaßventil und
- Figur 6 eine Ansicht ähnlich Figur 5 eines magnetbetätigten Auslaßventils mit Drucksensorsteuerung.

Der in Figur 1 dargestellte Dampferzeuger umfaßt eine zylindrische, langgestreckte Reaktionskammer 1 mit einer abgeschlossenen Stirnwand 2, die eine zentrale Einlaßöffnung 3 aufweist. Diese steht mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Einblas- und Zündelement in Verbindung, welches ein zündfähiges Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch herstellt und in die Reaktionskammer 1 einleitet. Dieses zündfähige Gasgemisch wird in der in der Zeichnung nicht dargestellten Zündinrichtung gezündet, so daß es im Inneren der Reaktionskammer 1 unter Bildung von hochoberhitztem Wasserdampf reagiert. Das Reaktionsprodukt ist bei Verwendung einer stöchiometrischen Gasmischung reiner Wasserdampf.

In der Wand 4 der Reaktionskammer 1 verlaufen achsparallele Kanäle 5 mit geringem Querschnitt, die mit einem am stromaufwärtigen Ende der Reaktionskammer 1 angeordneten, mit einem Wassereinlaß 6 versehenen Ringraum 7 in Verbindung stehen. Diese Wasserkanäle können über den Umfang verteilte, diskrete Kanäle sein, die Kanäle können auch durch einen die Reaktionskammer umgebenden Ringspalt gebildet sein, wobei dann die Innenwand und die Außenwand der Reaktionskammer über die in der Zeichnung nicht dargestellten Stege miteinander verbunden sind.

Die Kanäle 5 münden am stromabwärts gelegenen Ende der Reaktionskammer in einen weiteren Ringraum 8, aus dem ein schräg zur Reaktionskammerlängsachse verlaufender Kanal 9 austritt, der in eine Dralldüse 10 in der verschlossenen Stirnwand 11 der Reaktionskammer 1 eintritt. Die Dralldüse ist dabei konzentrisch zur Reaktionskammer 1 angeordnet und weist einen rotationssymmetrischen Hohlraum 12 auf, in den

der Kanal 9 derart exzentrisch eintritt, daß durch ihn in den Hohlraum strömendes Medium um die Längsachse der Dralldüse in Drehung versetzt wird. Auf dieser Längsachse ist der Hohlraum 12 über eine zentral angeordnete Einspritzöffnung mit dem Inneren der Reaktionskammer 1 verbunden, so daß das aus dem Hohlraum 12 austretende Wasser entgegen der Gasströmungsrichtung in der Reaktionskammer in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers 14 in die Reaktionskammer eingespritzt wird, wobei sich das eingespritzte Wasser an die Innenwand der Reaktionskammer anlegt und diese zusätzlich kühlt.

In Strömungsrichtung schließt sich an die Reaktionskammer 1 eine ebenfalls zylindrische Verdampferkammer 15 an, die mit der Reaktionskammer über die Stirnwand 11 durchsetzende, die Dralldüse 10 umgebende, schräg nach außen gerichtete Strömungskanäle 16 in Verbindung steht. Diese Strömungskanäle 16 haben gemeinsam gegenüber dem Strömungsquerschnitt in der Reaktionskammer 1 einen wesentlich verringerten Strömungsquerschnitt, so daß in ihnen die Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsgase (Wasserdampf) und des eingespritzten Wassers erheblich erhöht wird.

Die Verdampferkammer, die gegenüber den Strömungskanälen 16 einen erheblich vergrößerten Querschnitt aufweist, verengt sich an ihrem stromabwärts gelegenen Ende konisch und mündet in einen Auslaß 17 ein, der in aus der Zeichnung nicht ersichtlicher Weise unmittelbar an einen Verbraucher angeschlossen werden kann, beispielsweise einen Sterilisator.

Im Betrieb des Dampferzeugers wird ein entzündbares, vorzugs-

weise stöchiometrisches Gasgemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff in der Reaktionskammer zu Wasserdampf verbrannt. Durch die Kanäle 5 geleitetes Wasser kühlt dabei die Wand der Reaktionskammer ab und heizt sich selbst dabei stark auf. Der Durchsatz des Kühlwassers und der Druck in den zu den Einspritzöffnungen führenden Zuleitungskanälen werden so gewählt, daß zumindest ein Teil des zugeführten Wassers im flüssigen Zustand verbleibt, wobei jedoch durch die Wärmezufuhr aus der Reaktionskammer so viel Energie in das Wasser zugeführt ist, daß es bei der Entspannung im Bereich der Einspritzdüsen spontan in den Dampfzustand übergeht, ohne daß dazu weitere Energiezufuhr aus den heißen Brenngasen notwendig wäre. Vorzugsweise erhält man also in der Nähe der Einspritzöffnungen ein Zweiphasengemisch, welches beim Austritt in die Reaktionskammer spontan in den Dampfzustand übergeht.

Das Zweiphasengemisch wird im Gegenstrom in die heißen Reaktionsgase in der Reaktionskammer eingespritzt, wobei durch die Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und die anschließende Entspannung in der Reaktionskammer große Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dampfförmig aus den Einspritzöffnungen austretendem Wasser und flüssigem Wasser auftreten. Diese Strömungsdifferenzen fördern die Verdampfung des flüssigen Wassers. Dieser Effekt wird auch durch die heißen Reaktionsgase und die Gegenstromeinspritzung zusätzlich gefördert.

Anschließend gelangt die Mischung aus flüssigem und gasförmigem Wasserdampf durch die Strömungskanäle in den Verdampferraum, wobei durch den engen Querschnitt in den Strömungskan-

nälen erneut eine Vergrößerung der Geschwindigkeit dieses Zweiphasengemisches eintritt. Durch die danach erfolgende Entspannung im Verdampferraum treten wieder große Geschwindigkeitsdifferenzen sowie eine spontane Verdampfung des flüssigen Restanteils auf. Auf diese Weise wird das Wasser bis zum Auslaß des Verdampferraumes vollständig verdampft, so daß homogener Wasserdampf in den anschließenden Verbraucher eintreten kann. Dieser Wasserdampf durchströmt den als Drosselquerschnitt ausgebildeten Auslaß 17 üblicherweise kritisch. Die Temperatur des ausströmenden Dampfes kann je nach Anwendungszweck auch nur geringfügig über der Siedetemperatur liegen, diese Temperatur kann niedriger sein als die Temperatur des aus der Dralldüse in die Reaktionskammer eingespritzten Zweiphasengemisches.

Der beschriebene Dampferzeuger kann sehr geringe bauliche Abmessungen haben und ist insbesondere auch für die verzögerungsfreie Bereitstellung von Heißdampf wählbaren Zustands auf oder oberhalb der Siedelinie in einem niedrigen Leistungsbereich geeignet, beispielsweise bei einer Leistung von 1 bis 500 kW thermisch. Mit diesem Dampferzeuger ist sowohl ein kontinuierlicher als auch ein intermittierender Betrieb bei konstantem Zustand aber auch bei veränderbarem Dampfzustand und variabler Leistung möglich.

Bei dem in Figur 2 dargestellten abgewandelten Ausführungsbeispiel eines Dampferzeugers sind Teile, die denen des Dampferzeugers in Figur 1 entsprechen, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Wie im Falle des Dampferzeugers der Figur 1 ist eine Reak-

tionskammer 1 vorgesehen, in deren Wand Kanäle 5 für Wasser angeordnet sind. Die Kanäle 5 umgeben dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 die Innenwand der Reaktionskammer 1 wendelförmig. Zu diesem Zweck kann die Außenwand der Reaktionskammer ein Gewinde tragen, über welches eine Hülse 21 geschoben ist, die dicht an den einzelnen Gewindegängen anliegt und dadurch einen wendelförmigen Kanal ausbildet.

Wie im Ausführungsbeispiel der Figur 1 wird das durch die Kanäle 5 geführte und aufgeheizte Zweiphasengemisch über eine Dralldüse 10 entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in die Reaktionskammer 1 eingespritzt.

Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Figur 1 wird die Reaktionskammer 1 von einem sich über deren gesamte Länge erstreckenden Ringraum 22 umfassen, der koaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Er steht über Radialkanäle 23 mit dem stromabwärts gelegenen, von der Stirnwand 11 verschlossenen Ende der Reaktionskammer 1 in Verbindung.

Der Ringraum 22 ist seinerseits von einem weiteren Ringraum 24 umgeben, der ebenfalls koaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Am stromaufwärts gelegenen Ende des Dampferzeugers sind der innere Ringraum 22 und der äußere Ringraum 24 über Drosselkanäle 25 miteinander verbunden, die einen gegenüber den Ringräumen kleinen Strömungsquerschnitt aufweisen.

Der äußere Ringraum 24 verjüngt sich im Bereich der konisch ausgebildeten Stirnwand 11 ebenfalls konisch und mündet in den Auslaß 17 ein, an den ein geeigneter Verbraucher ange-

geschlossen werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel bilden der innere Ringraum und der äußere Ringraum die Verdampferkammer, diese ist also in zwei Schalen koaxial um die Reaktionskammer 1 herumgelegt, so daß insgesamt eine wesentlich geringere Baulänge des Dampferzeugers im Vergleich zu dem Dampferzeuger der Figur 1 möglich wird. Trotzdem kann in den beiden als Verdampferkammer wirkenden Ringräumen eine vollständige und gleichmäßige Verdampfung des flüssigen Wassers und eine Homogenisierung des Dampfes erfolgen, wobei die Drosselkanäle 25 in der oben bereits beschriebenen Weise durch Erzeugung unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten zu dieser Homogenisierung beitragen. Das in den Kanälen 5 geführte Wasser kann wegen des gegenüber dem Verdampferraum erhöhten Druckes in der Regel auch eine Temperatur annehmen, die über der des zu erzeugenden Dampfes liegt. In diesem Ausführungsbeispiel wird deshalb vom überhitzten Wasser der Kanäle 5 über die Trennwand 21 zusätzlich Wärme an das im Ringraum 22 strömende Wasser-Dampf-Gemisch übertragen und somit die Verdampfung des verbliebenen Wasseranteils gefördert.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 3 gleicht dem der Figur 2 weitgehend, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der der Figur 2 lediglich dadurch, daß den Ringraum 8 radial nach innen gerichtete Einspritzöffnungen 26 mit dem Innenraum der Reaktionskammer 1 verbinden, während die in der Stirnwand 11 angeordnete Dralldüse fehlt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Wasser aus den Kanälen 5 somit am stromabwärtigen Ende der Reaktionskammer radial in diese

eingespritzt.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel, welches ähnlich aufgebaut ist wie das Ausführungsbeispiel der Figur 1 und bei dem einander entsprechende Teile dieselben Bezugszeichen tragen, ist die Innenwand 32 der Reaktionskammer 1 aus einem porösen Sintermetallrohr aufgebaut, so daß die Kanäle 5 über die Poren in dieser porösen Innenwand unmittelbar in die Reaktionskammer münden, das heißt die Poren wirken als Einspritzöffnungen für das in den Kanälen 5 erhitzte Wasser. Dabei erfolgt ein Austritt im wesentlichen in dem stromabwärts gelegenen Teil, in dem das Wasser durch Temperaturerhöhung teilweise in Dampfform umgewandelt ist. Durch das austretende Dampf-Wasser-Gemisch wird infolge der Strömungsgeschwindigkeit im Reaktionsraum entlang dessen Wand ein Kühlfilm gebildet, der diese Wand vor zu hoher Erwärmung schützt, hierbei Wärme aufnimmt und vollständig verdampft.

Bei diesem Ausführungsbeispiel, schließt sich der Verdampferraum stromabwärts an die Reaktionskammer an. In diesem Übergangsbereich kann in der in Figur 1 beschriebenen Weise eine Drosselung der Reaktionsgase erfolgen, dies ist in Figur 4 nicht besonders eingezeichnet.

Selbstverständlich kann eine solche Lösung auch mit einer Verdampferkammer realisiert werden, die entsprechend den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 und 3 durch die Reaktionskammer koaxial umgebende Ringräume realisiert ist.

Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist

der Auslaß 17 durch ein federbelastetes Tellerventil 40 verschlossen, welches unter der Wirkung einer Druckfeder 41 gegen einen sich nach außen hin erweiternden Ventilsitz 42 gedrückt wird. In der Darstellung der Figur 3 ist der Auslaß 17 durch das Tellerventil 40 verschlossen. Das Tellerventil 40 kann gegen die Wirkung der Druckfeder 41 vom Ventilsitz 42 abgehoben werden, so daß Wasserdampf aus dem Auslaß 17 am Tellerventil 40 vorbei zu seitlich angeordneten Auslaßöffnungen 43 gelangen kann, die zu einem Verbraucher führen, beispielsweise der Sterilisationsanlage einer Konservenverpackanlage.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 ist der Auslaß 17 ebenfalls mittels eines Tellerventils 40 verschlossen, das jedoch nicht federbelastet den Auslaß verschließt, sondern mittels einer Betätigungsvorrichtung zwischen der Schließstellung und der Offenstellung verschoben werden kann. Die Betätigungsvorrichtung kann beispielsweise eine Magnetspule 44 sein, die von einer Steuerung 45 zwischen der Offenstellung und der Schließstellung umgesteuert wird. In dem stromaufwärts des Ventils angeordneten Bereich des Auslasses 17 ist ein Drucksensor 46 angeordnet, der über eine Steuerleitung 47 mit der Steuerung 45 in Verbindung steht. Überschreitet der vom Drucksensor 46 festgestellte Druck einen bestimmten Wert, gibt die Steuerung 45 ein das Ventil öffnendes Signal an die Magnetspule 44, die dann entweder für einen bestimmten Zeitraum das Ventil offen hält oder das Ventil dann schließt, wenn der vom Drucksensor 46 festgestellte Druck unter einen bestimmten Schwellwert gefallen ist.

Sowohl mit der Ausführung der Figur 5 als auch mit der Aus-

führung der Figur 6 können intermittierend Dampfimpulse erzeugt werden, deren Impulsfolge und Impulslänge durch die Wasserdampferzeugungsrate gesteuert werden können, die ihrerseits wieder abhängt von der Zufuhr des Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoff-Gemisches und der Menge des eingespritzten Wassers.

1

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt, bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser erwärmt und bei dem man das erwärmte Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß man den Druck des Wassers vor dem Einspritzen gegenüber dem Druck in der Heißgasreaktionskammer zur Erhöhung des Siedepunktes des Wassers soweit erhöht und daß man den Durchsatz des Wassers dabei so wählt, daß das Wasser beim Einspritzen zwar noch zumindest teilweise in flüssigem Zustand vorliegt, dabei aber so stark erhitzt ist, daß es beim Eintritt in die Reaktionskammer aufgrund der dabei eintretenden Entspannung spontan verdampft.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Reaktionsgase nach Einspritzung des Wasserdampf-Gemisches durch eine Verengung leitet und dadurch ihre Strömungsgeschwindigkeit erhöht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß man das erwärmte Wasser im Gegenstrom in das Reaktionsgas einspritzt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man das erwärmte Wasser in eine Dralldüse einleitet und aus dieser in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers abgibt.
5. Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Heißgasreaktionskammer, die von einem im wesentlichen stöchiometrischen Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff durchströmbar ist, welches in der Reaktionskammer zu Wasserdampf reagiert, und mit Kühlkanälen für Wasser in der Wand der Reaktionskammer, die über als Drossel wirkende Einspritzöffnungen mit der Reaktionskammer in Verbindung stehen, dadurch gekennzeichnet, daß sich an die Reaktionskammer (1) eine Verdampferkammer (15; Ringräume 22, 24) anschließt, mit der die Reaktionskammer (1) über eine Strömungsverengung (Strömungskanäle 16; Drosselkanäle 25) in Verbindung steht.
6. Dampferzeuger nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (5) die Reaktionskammer (1) wendelförmig umgeben.
7. Dampferzeuger nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer (1) gerichtet sind.

8. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) Teil einer Dralldüse (10) sind, in die die Kühlkanäle (5, 9) so exzentrisch einmünden, daß das Zweiphasengemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer (1) in Rotation versetzt wird.
9. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle (5) durch die Poren eines porösen, die Reaktionskammer (1) umgebenden Einspritzkörpers (Sintermetallrohr 32) gebildet werden.
10. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampferkammer als die Reaktionskammer (1) koaxial umgebender Ringraum (22, 24) ausgebildet ist.
11. Dampferzeuger nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer (1) verbundenen inneren Ringraum (22) und einen sich daran anschließenden, ebenfalls koaxial zur Reaktionskammer (1) angeordneten, äußeren Ringraum (24)

umfaßt und daß zwischen den beiden Ringräumen (22, 24) eine Strömungsverengung (Drosselknäule 25) angeordnet ist.

12. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferraum (15; Ringräume 22, 24) über einen Auslaß (17) mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist.
13. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferraum (15; 22, 24) über einen intermittierend verschließbaren Auslaß (17) an einen Dampfverbraucher anschließbar ist.
14. Dampferzeuger nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (17) mittels eines federbelasteten Auslaßventils (40, 42) verschlossen ist, das beim Überschreiten eines bestimmten Druckes des Wasserdampfes in dem Verdampferraum (15; 22, 24) entgegen der Wirkung seiner Feder (41) in die Offenstellung verschiebbar ist.
15. Dampferzeuger nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (17) mittels eines mit einem Stellantrieb (Magnetspule 44) betätigbaren Auslaßventil (40, 42) versehen ist, und daß im Verdampferraum (15; 22, 24) ein Drucksensor (46) angeordnet ist, der beim Überschreiten

eines bestimmten Druckes in dem Verdampferraum (15; 22, 24) einer Steuerung (45) ein Signal zuführt, welches zur Öffnung des Auslaßventils (40, 42) führt.

Fig. 1

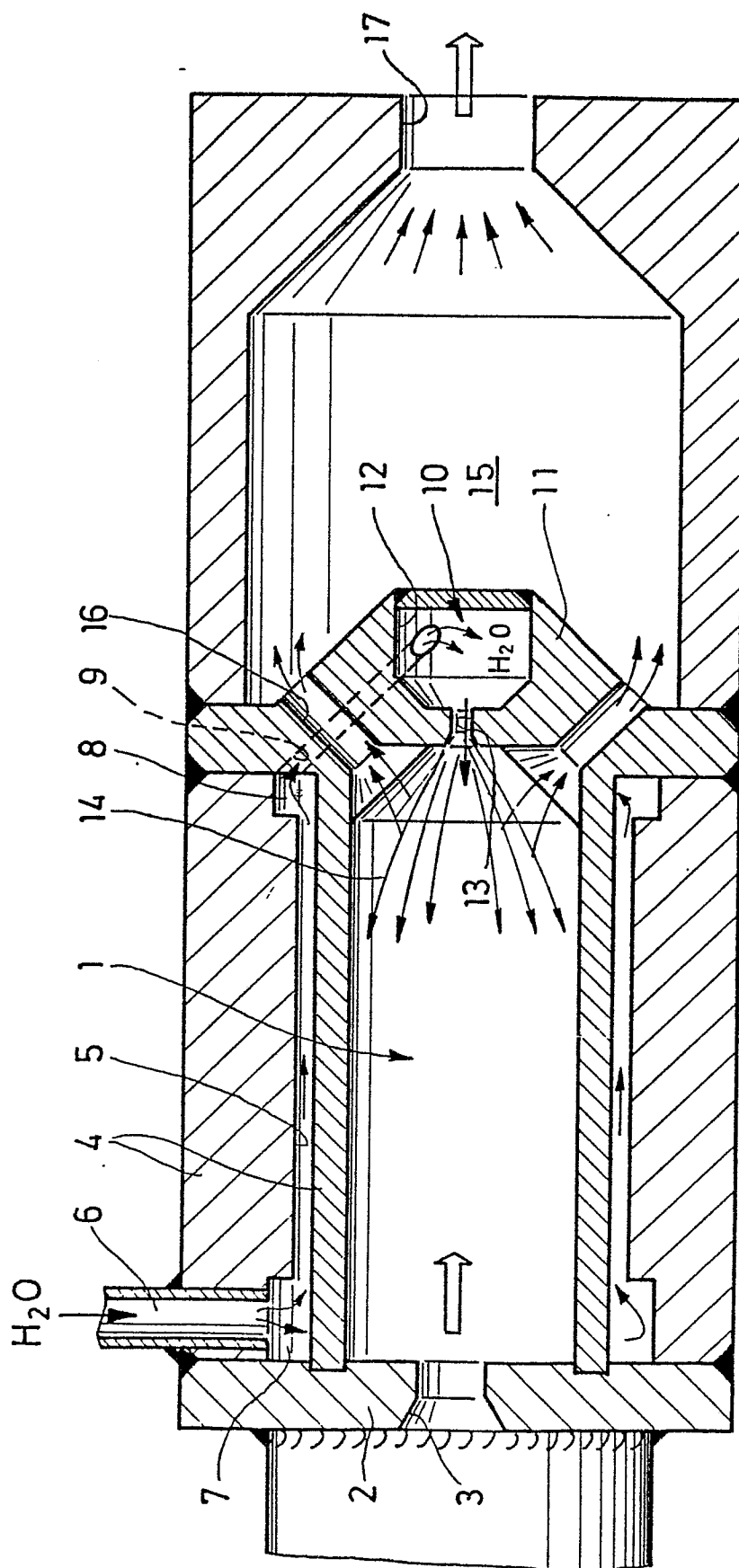


Fig. 2

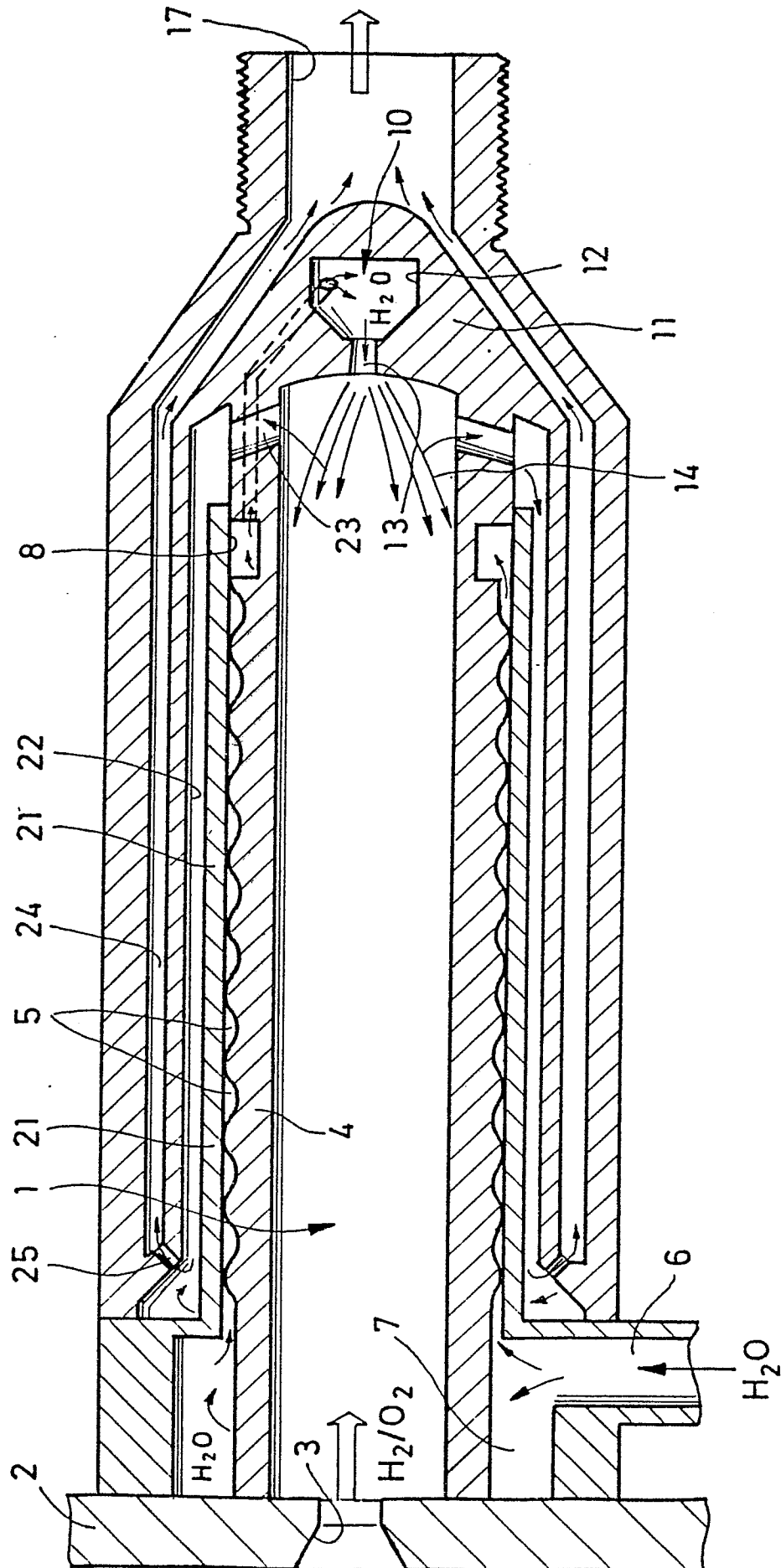


Fig.3

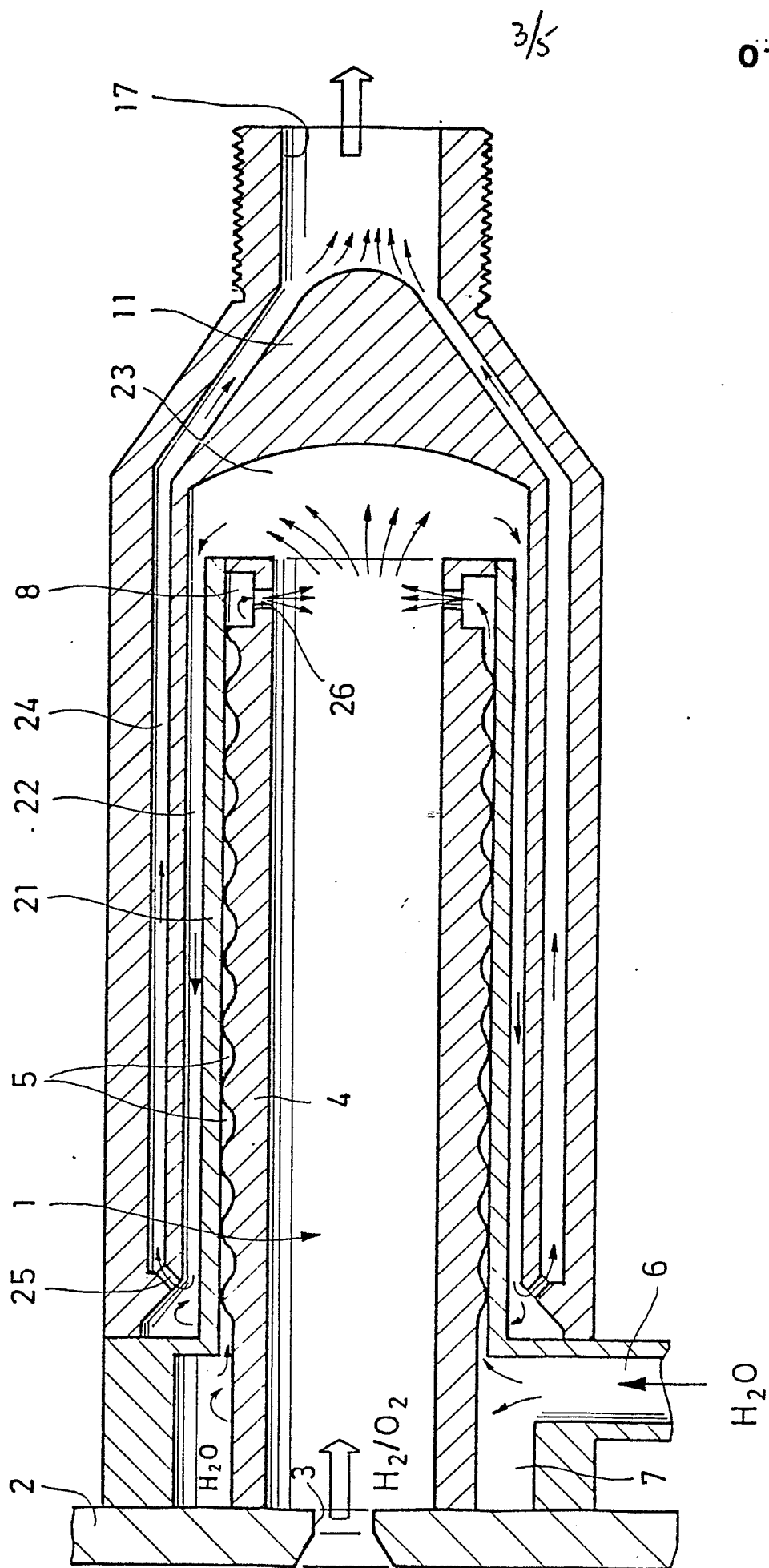


Fig.4

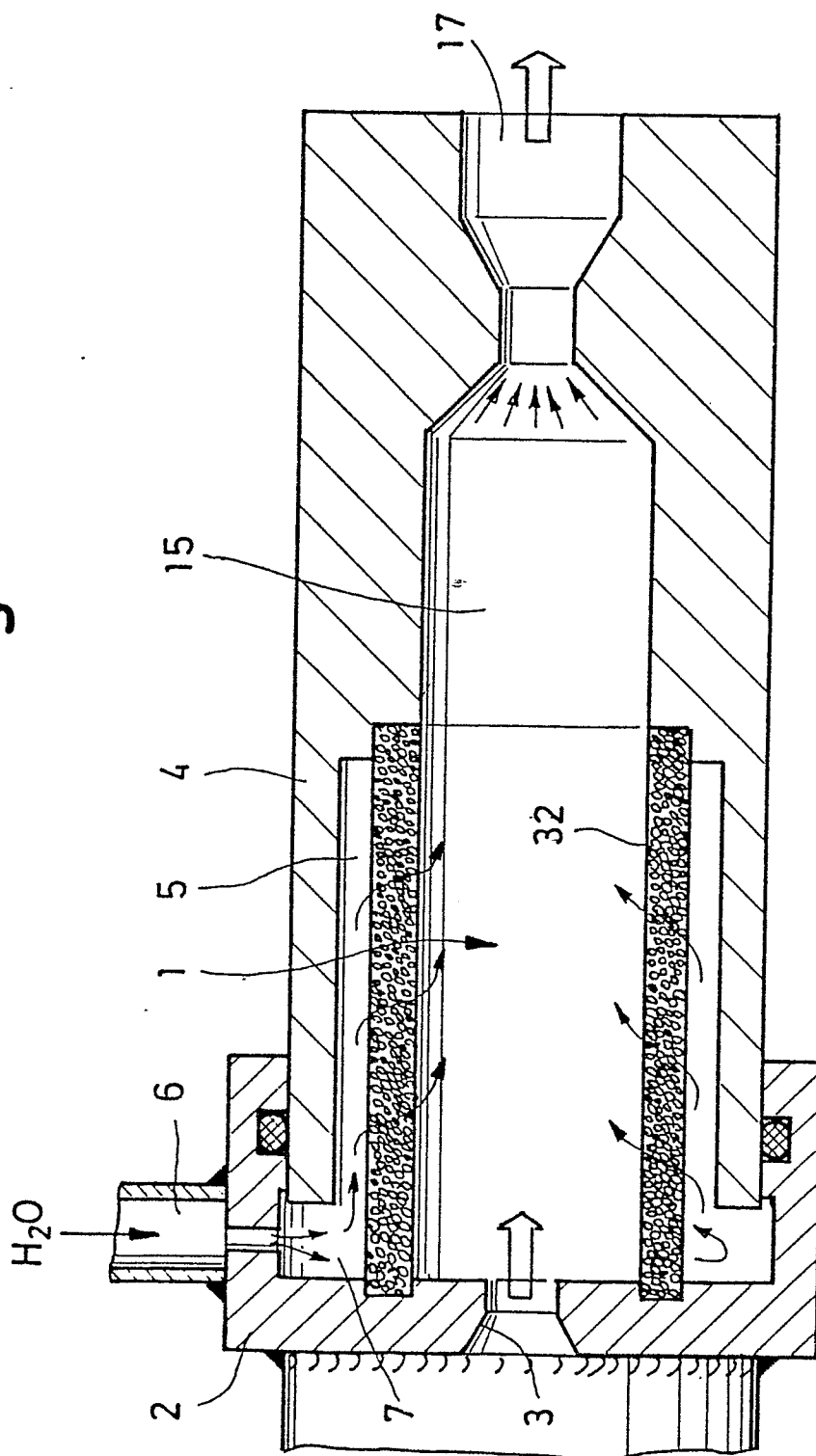


Fig.5

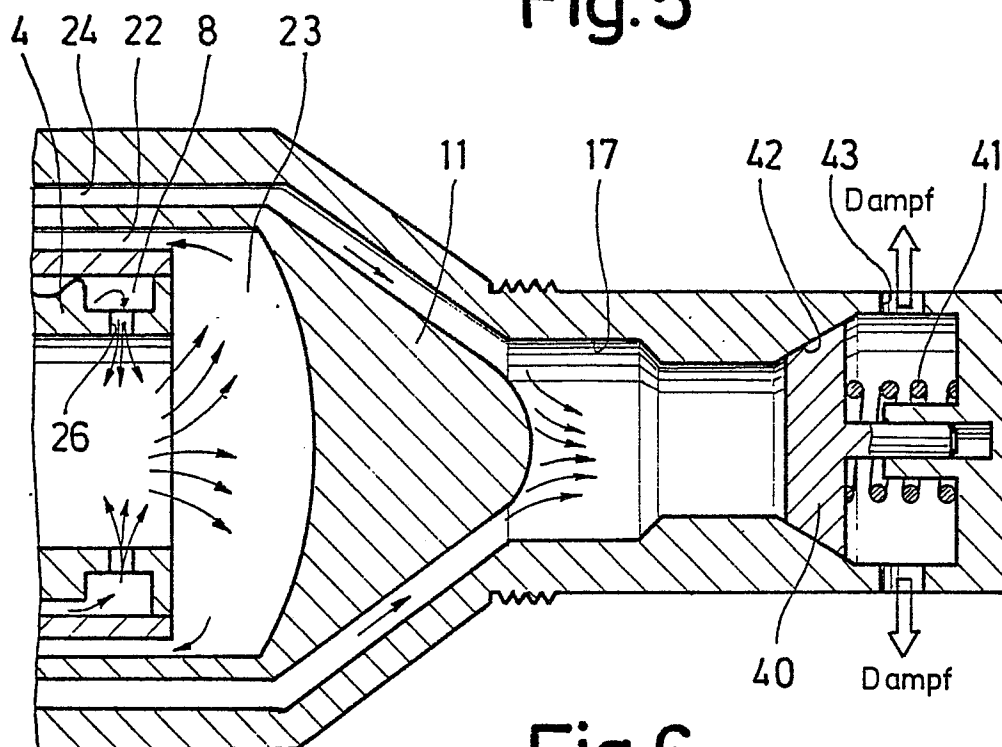


Fig.6

