

(19)



(11)

EP 1 532 394 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.11.2016 Patentblatt 2016/47

(51) Int Cl.:
F23C 13/02 ^(2006.01) **F23C 9/00** ^(2006.01)
F23R 3/40 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03729789.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/CH2003/000436

(22) Anmeldetag: **02.07.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/020901 (11.03.2004 Gazette 2004/11)

(54) **HYBRIDBRENNER UND ZUGEHÖRIGES BETRIEBSVERFAHREN**

HYBRID BURNER AND CORRESPONDING OPERATING METHOD

BRULEUR HYBRIDE ET PROCEDE D'UTILISATION CORRESPONDANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **30.08.2002 US 406978 P**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.2005 Patentblatt 2005/21

(73) Patentinhaber: **General Electric Technology GmbH**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **CARRONI, Richard**
CH-5443 Niederrohrdorf (CH)
• **GRIFFIN, Timothy**
CH-5408 Ennetbaden (CH)

(74) Vertreter: **Bernotti, Andrea et al**
Studio Torta S.p.A.
Via Viotti, 9
10121 Torino (IT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 304 707 EP-A- 0 620 402
WO-A-96/41991 DE-A- 4 404 389
US-A- 3 914 091 US-A- 4 534 165
US-A- 5 431 017 US-A- 6 126 439
US-B1- 6 358 040

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 135**
(M-585), 28. April 1987 (1987-04-28) & JP 61
276627 A (TOSHIBA CORP), 6. Dezember 1986
(1986-12-06)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 532 394 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hybridbrenner für eine Brennkammer, insbesondere einer Kraftwerksanlage. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Hybridbrenners.

Stand der Technik

[0002] Aus der EP 0 767 345 A2 ist es grundsätzlich bekannt, mit Hilfe eines Wasserstoff-Generators aus einem Brennstoff-Oxidator-Gemisch ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen und dieses einem Brennstoff-Oxidator-Gemisch beizumischen. Durch den Wasserstoff erhöht sich die Reaktivität des Brennstoff-Oxidator-Gemischs, wodurch die Verbrennung in einer katalytischen Brennerstufe verbessert werden kann. Der hierbei verwendete Wasserstoff-Generator fraktioniert den zugehörigen Brennstoff und erzeugt dadurch den Wasserstoff vorzugsweise mit Hilfe eines Katalysators.

[0003] Aus der EP 0 849 451 A2 ist ein Verfahren zur Verbrennungsstabilisierung bekannt, bei dem ein üblicher Vormischbrenner mit einem Brennstoff-Oxidator-Gemisch versorgt und das gezündete Gemisch in einem Brennraum einer Brennkammer zur vollständigen Verbrennung eingeleitet wird. Parallel dazu wird ein anderes Brennstoff-Oxidator-Gemisch einem Katalysator zugeführt, der ein Wasserstoff enthaltendes Abgas erzeugt. Dieses wasserstoffhaltige Abgas wird dann direkt in den Brennraum eingedüst, und zwar in Zonen, die in besonderer Weise für eine Flammenstabilisierung geeignet sind.

[0004] Die US 6,358,040 B1 zeigt ein Verfahren, bei dem aus einem fetten Brennstoff-Oxidator-Gemisch mittels eines Katalysators ein Wasserstoff enthaltendes Abgas erzeugt werden kann. Dieses wasserstoffhaltige Abgas wird mit vorgeheiztem Oxidator so weit verdünnt, dass ein mageres Brennstoff-Oxidator-Gemisch entsteht, das in einer nachfolgenden Brennerstufe vollständig verbrennt.

[0005] Die EP 0 710 797 B1 zeigt einen Vormischbrenner, in dessen Kopf eine Lanze angeordnet ist. Diese Lanze enthält an ihrem Austrittsende einen Katalysator.

[0006] Die WO96/41991 beschreibt einen Brenner, welcher zwei parallel angeordnete Katalysatoren aufweist

Darstellung der Erfindung

[0007] Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für einen Brenner bzw. für ein zugehöriges Betriebsverfahren eine verbesserte Ausführungsform anzugeben. Insbesondere soll für einen solchen Brenner ein Weg aufgezeigt werden, eine vergleichsweise emissionsarme katalytische Verbrennung mit einer chemischen Flam-

menstabilisierung im Brennraum zu kombinieren.

[0008] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, den Brenner als Hybridbrenner auszubilden, indem der Brenner zum einen einen Volloxidationskatalysator und zum anderen einen Teiloxidationskatalysator umfasst, die in einem gemeinsamen Gehäuse so untergebracht sind, dass sie parallel durchströmbar sind. Im vorliegenden Zusammenhang wird unter einem Teiloxidationskatalysator ein Katalysator verstanden, der so gestaltet ist, dass er in einem zugeführten fetten Brennstoff-Oxidator-Gemisch zumindest einen Anteil des Brennstoffs nicht vollständig zu CO_2 und H_2O oxidiert, sondern nur teilweise, also partiell zu H_2 und CO oxidiert. Es ist klar, dass dabei auch ein anderer Brennstoffanteil vollständig umgesetzt werden kann. Dabei soll in der Regel der nur partiell umgesetzte Brennstoffanteil beim Teiloxidationskatalysator deutlich überwiegen. Ein Teiloxidationskatalysator arbeitet z.B. mit Rhodium. Im Unterschied dazu ist der Volloxidationskatalysator so gestaltet, dass in einem zugeführten mageren Brennstoff-Oxidator-Gemisch regelmäßig ein überwiegender Brennstoffanteil vollständig zu CO_2 und H_2O oxidiert oder umgesetzt wird. Ein Volloxidationskatalysator arbeitet z.B. mit Palladium.

[0010] Durch diese Bauweise ist es insbesondere möglich, dem Teiloxidationskatalysator ein fettes Brennstoff-Oxidator-Gemisch zuzuführen, das bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen partiell oxidiert werden kann. Diese partielle Oxidation erzeugt Wärme, die zur Erwärmung des Volloxidationskatalysators verwendet werden kann, so dass auch dort vergleichsweise rasch die Zündtemperatur für ein mageres Brennstoff-Oxidator-Gemisch erreicht werden kann. Die katalytische Verbrennung im erfindungsgemäßen Hybridbrenner kann somit relativ einfach gestartet werden und läuft vergleichsweise stabil.

[0011] Zweckmäßig ist der Teiloxidationskatalysator so ausgebildet, z.B. als Lanze oder in einer Lanze, dass er seine Abgase in eine zentrale Rezirkulationszone einleitet, die sich im Brennraum ausbildet. Sofern der Teiloxidationskatalysator mit einem fetten Brennstoff-Oxidator-Gemisch versorgt wird, besitzt auch sein Abgas einen Brennstoffüberschuß, so dass die Eindüsung oder Einleitung dieses fetten Abgases in die Rezirkulationszone zu einer chemischen Flammenstabilisierung führt. Dieser Effekt kann erheblich gesteigert werden, wenn der Teiloxidationskatalysator so ausgebildet ist, dass er ein wasserstoffhaltiges Abgas erzeugt.

[0012] Von besonderem Interesse ist eine Ausführungsform der Erfindung, bei der während einer Startprozedur zum Starten des Hybridbrenners die durch die Katalysatoren geleiteten Volumenströme der Brennstoff-Oxidator-Gemische hinsichtlich ihres Brennstoffgehalts variiert werden, derart, dass im Verlauf der Startprozedur

der Brennstoffanteil im Volumenstrom des dem Teiloxidationskatalysator zugeführten ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs abnimmt, während der Brennstoffanteil im Volumenstrom des dem Volloxidationskatalysator zugeführten zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs zunimmt. Durch diese Vorgehensweise wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die partielle Oxidation eines fetten ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs im Teiloxidationskatalysator bei kleineren Temperaturen startet und stabiler abläuft als die Volloxidation des mageren zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs im Volloxidationskatalysator. Die gestartete partielle Oxidation kann Wärme an den Volloxidationskatalysator abgeben, wodurch dieser sich rasch erwärmt und dementsprechend die Konvertierung im zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemisch startet. Beim Hochfahren des Volloxidationskatalysators stabilisiert die Wärmeabgabe des Teiloxidationskatalysators die Verbrennungsreaktion.

[0013] Bei dieser Vorgehensweise ist klar, dass der Brennstoffanteil im Volumenstrom des dem Teiloxidationskatalysator zugeführten fetten ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs nicht beliebig reduziert werden kann, da sonst das Brennstoff-Oxidator-Verhältnis λ zu groß werden würde, mit der Folge einer Überhitzung. Der Teiloxidationskatalysator dient dabei als Pilot und kann permanent aktiv sein, beispielsweise bei einem $\lambda = 0,5$. Alternativ kann der Teiloxidationskatalysator-Pilot deaktiviert werden, wozu es erforderlich ist, vor dem Ausschalten der Brennstoffzuführung die Oxidatorzuführung zu stoppen, wobei es grundsätzlich möglich ist, mit einem Inertgas, z.B. N_2 , zu spülen.

[0014] Vorzugsweise werden die Brennstoffanteile in den Volumenströmen der Brennstoff-Oxidator-Gemische während der Startprozedur in Abhängigkeit einer Einlaßtemperatur des Hybridbrenners variiert.

[0015] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

[0017] Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 bis 4 jeweils einen stark vereinfachten Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Hybridbrenner, jedoch bei unterschiedlichen Ausführungsformen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Entsprechend Fig. 1 besitzt ein erfindungsgemäßer Hybridbrenner 1 ein Gehäuse 2, das eingangs-

seitig an eine durch einen Pfeil symbolisierte Oxidatorzuführung 3 sowie an zwei separat steuerbare Brennstoffzuführungen 4 bzw. 5 angeschlossen ist. In der Regel wird hierbei Erdgas als Brennstoff verwendet, wobei grundsätzlich auch andere Brennstoffe möglich sind. An seinem Ausgang ist das Gehäuse 2 über eine sprungartige Querschnittserweiterung 6 an eine Brennkammer 7 angeschlossen, die einen Brennraum 8 enthält. Zweckmäßig führt die Brennkammer 7 die mit Hilfe des Hybridbrenners 1 erzeugten heißen Abgase einer Gasturbine einer Kraftwerksanlage zu.

[0019] Erfindungsgemäß weist der Hybridbrenner 1 einen Volloxidationskatalysator 9 und einen Teiloxidationskatalysator 10 auf, die beide im Gehäuse 2 angeordnet sind, derart, dass sie parallel durchströmbar sind. Der Teiloxidationskatalysator 10 ist so ausgestaltet, dass er bei seiner Durchströmung mit einem zugeführten, durch einen Pfeil symbolisierten ersten Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11, zumindest wenn es sich dabei um ein fettes Brennstoff-Oxidator-Gemisch handelt, nur eine Teiloxidation des Brennstoffs durchführt. Zweckmäßig ist der Teiloxidationskatalysator 10 so gestaltet, dass sein durch einen Pfeil symbolisiertes Abgas 12 Wasserstoff enthält. Das fette Brennstoff-Oxidator-Gemisch hat z. B. ein Brennstoff/Oxidator-Verhältnis von $\lambda < 1$ und vorzugsweise von $< 0,5$.

[0020] Im Unterschied dazu ist der Volloxidationskatalysator 9 so ausgebildet, dass er bei seiner Durchströmung ein zugeführtes, durch Pfeile symbolisiertes zweites Brennstoff-Oxidator-Gemisch 13, zumindest wenn es sich um ein mageres Brennstoff-Oxidator-Gemisch handelt, im wesentlichen vollständig oxidiert, wobei sein durch Pfeile symbolisiertes Abgas 14 einen Oxidator-Überschuss aufweist. Das magere Brennstoff-Oxidator-Gemisch hat z.B. ein Brennstoff/Oxidator-Verhältnis von $\lambda > 1$ und insbesondere von $\lambda > 2$.

[0021] Die beiden Katalysatoren 9, 10 sind zweckmäßig wärmeübertragend miteinander gekoppelt. Bei der hier gezeigten speziellen Ausführungsform ist der Volloxidationskatalysator 9 ringförmig und coaxial um den zentral angeordneten Teiloxidationskatalysator 10 angeordnet. Die Katalysatoren 9, 10 können dabei jeweils eine zylindrische Außenkontur aufweisen. Zweckmäßig besteht jeder Katalysator 9, 10 aus einem Katalysatorkörper, der eine Vielzahl parallel durchströmbarer Kanäle enthält, deren Wände katalytisch aktiv sind.

[0022] Der zentral angeordnete Teiloxidationskatalysator 10 ist hier als zentrale Lanze ausgebildet. Dementsprechend ist ein Austrittsende 15 dieser Lanze bzw. des Teiloxidationskatalysators 10 stromab eines Austrittsendes 16 des Volloxidationskatalysators 9 im Gehäuse 2 positioniert. Bei einer anderen Ausführungsform kann der Teiloxidationskatalysator 10 auch kürzer ausgestaltet sein, als der Volloxidationskatalysator 9. Das Austrittsende des Teiloxidationskatalysators 10 liegt dann stromauf des Austrittsendes 16 des Volloxidationskatalysators 9. Gleichzeitig ist es möglich, dass Austrittsende 15 der dann "leeren" Lanze nach wie vor stromab des

Austrittsendes 16 des Volloxidationskatalysators 9 im Gehäuse 2 zu positionieren.

[0023] Die Ausgestaltung des Teiloxidationskatalysators 10 als Lanze vereinfacht eine gezielte Einleitung der Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in bestimmte Zonen innerhalb des Brennraums 8. Vorzugsweise ist der Teiloxidationskatalysator 10, z.B. durch eine entsprechende Ausrichtung der Lanze, so gestaltet, dass er sein Abgas 12 in eine zentrale Rezirkulationszone 17 einleitet, die sich im Brennraum 8 ausbildet. Durch diese Maßnahme kann die Verbrennung in der Rezirkulationszone 17 besser stabilisiert werden. Eine stabile Rezirkulationszone 17 hat ihrerseits eine Stabilisierung einer Flammenfront 18 im Brennraum 8 zur Folge. Die Ausbildung einer solchen Rezirkulationszone 17 wird beispielsweise mit Hilfe des Querschnittsprungs 6 begünstigt. Beispielsweise arbeitet die Brennkammer 7 mit einem sogenannten "vortex-breakdown", bei dem ein im Hybridbrenner 1 erzeugter Wirbel beim Übergang in den Brennraum 8 aufgrund der Querschnittserweiterung 6 aufplatzt. Zur Erzeugung eines solchen Wirbels, kann - wie hier - stromab des Volloxidationskatalysators 9 ein Drallerzeuger 19 im Gehäuse 2 angeordnet sein. Ebenso ist es möglich, einen derartigen Drallerzeuger bereits in den Volloxidationskatalysator 9 zu integrieren. Beispielsweise kann dies durch eine entsprechende Orientierung der Kanäle des Volloxidationskatalysators 9 realisiert werden. Ein solcher Drallerzeuger kann grundsätzlich auch dem Teiloxidationskatalysator 10 nachgeschaltet oder in diesen integriert werden.

[0024] Durch die Einleitung oder Eindüsung der Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in die Rezirkulationszone 17 besitzt der Teiloxidationskatalysator 10 eine Art Pilotfunktion zur Initiierung und Stabilisierung der Flammenfront 18.

[0025] Wenn eine solche Pilotfunktion nicht erforderlich ist, kann es zweckmäßig sein, die Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 möglichst intensiv mit den Abgasen 14 des Volloxidationskatalysators 9 zu vermischen, bevor das so gebildete Abgasgemisch der homogenen Verbrennung im Brennraum 8 zugeführt wird. Eine entsprechende Durchmischung kann dabei mit einer geeigneten, hier nicht gezeigten Mischeinrichtung erzielt werden.

[0026] Der erfindungsgemäße Hybridbrenner 1 arbeitet wie folgt:

Zum Starten des Hybridbrenners 1 wird eine Startprozedur durchgeführt. Hierbei wird den beiden Katalysatoren 9, 10 über die Oxidatorzuführung 3 ein durch Pfeile symbolisierter gemeinsamer Oxidatorstrom 20 zugeführt, der sich in Abhängigkeit der Querschnittsflächen und Durchströmungswiderstände auf die beiden Katalysatoren 9, 10 aufteilt. Der Volumenstrom des Oxidatorstroms 20 kann während der Startprozedur im wesentlichen konstant gehalten werden. Das erste Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 wird dadurch erzeugt, dass über die

erste Brennstoffzuführung 4 ein entsprechender erster Brennstoffvolumenstrom dem Teiloxidationskatalysator 10 zugeführt wird. In entsprechender Weise kann das zweite Brennstoff-Oxidator-Gemisch 13 erzeugt werden, indem die zweite Brennstoffzuführung 5 einen zweiten Brennstoffvolumenstrom dem Volloxidationskatalysator 9 zuführt.

[0027] Während der Startprozedur werden die Volumenstromverhältnisse in den beiden Brennstoff-Oxidator-Gemischen 11, 13, also jeweils das Verhältnis des Brennstoffanteils zum Oxidatoranteil im Volumenstrom, variiert. Der Brennstoffanteil im Volumenstrom des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 11 nimmt während der Startprozedur von einem Maximalwert auf einen Minimalwert ab. Dieser Minimalwert kann dabei nicht beliebig klein werden, da das erste Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 fett bleiben muss, um eine Überhitzung und Zerstörung des Teiloxidationskatalysators 10 zu vermeiden. Um die Brennstoffzufuhr zum Teiloxidationskatalysator 10 auszuschalten, kann es zweckmäßig sein, das System mit einem Inertgas, wie z.B. N_2 , zu verdünnen. Alternativ kann der als Pilot arbeitende Teiloxidationskatalysator 10 auch während des gesamten Betriebs des Hybridbrenners 1, also auch im Normal- oder Nennbetrieb eingeschaltet bleiben. Ebenso kann die Oxidatorzuführung auf niedrige Werte reduziert werden. Im Unterschied dazu nimmt der Brennstoffanteil im Volumenstrom des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 13 während der Startprozedur von einem Minimalwert, der auch Null sein kann, bis zu einem Maximalwert zu.

[0028] Bei der hier gezeigten Ausführungsform erfolgt die Variation der Volumenstromverhältnisse in den beiden Brennstoff-Oxidator-Gemischen 11, 13 hauptsächlich dadurch, dass die einzelnen Brennstoffvolumenströme, die über die erste Brennstoffzuführung 4 bzw. über die zweite Brennstoffzuführung 5 den Katalysatoren 9, 10 zugeführt werden, variiert werden. Gleichzeitig kann beim Hochfahren der Anlage auch der Volumenstrom des Oxidatorstroms 20 erhöht werden, was sich aber auf beide Brennstoff-Oxidator-Gemische 11, 13 auswirkt. Es ist klar, dass grundsätzlich auch eine andere Vorgehensweise zur Variierung der Volumenstromverhältnisse in den Brennstoff-Oxidator-Gemischen 11, 13 möglich ist, z.B. durch einstellbare Oxidatorströme bei konstanten Brennstoffströmen.

[0029] Während der Startprozedur werden die Volumenströme der Brennstoff-Oxidator-Gemische 11, 13 in Abhängigkeit einer Eingangstemperatur des Hybridbrenners 1 variiert. Zu Beginn der Startprozedur besitzt diese Einlaßtemperatur ihren kleinsten Wert, so dass der Volumenstrom des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 11 seinen Maximalwert einnimmt, während der Volumenstrom des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 13 seinen Minimalwert aufweist. Das erste Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 ist zweckmäßig so gewählt, dass ein erstes Brennstoff-Oxidator-Verhältnis λ_1 einen Wert kleiner als 1, vorzugsweise kleiner $\frac{1}{2}$, aufweist, so dass dem

Teiloxidationskatalysator 10 ein fettes Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 zugeführt wird. Bei einem solchen fetten Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 kann die katalytische Reaktion im Teiloxidationskatalysator 10 schon bei einer relativ niedrigen Temperatur in Gang gesetzt werden. Bei dieser Reaktion entsteht Wärme, die der Teiloxidationskatalysator 10 zum einen in seine Umgebung abstrahlt und zum anderen über die Wärmekopplung an den Volloxidationskatalysator 9 abgibt. Hierdurch kann relativ schnell die Temperatur des Volloxidationskatalysators 9 angehoben werden. Gleichzeitig korreliert damit die Einlaßtemperatur des Hybridbrenners 1.

[0030] Mit zunehmender Temperatur wird der Volumenstrom des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 13 ausgehend von seinem Minimalwert erhöht. Zweckmäßig wird das zweite Brennstoff-Oxidator-Gemisch 13 so gewählt, dass ein zweites Brennstoff-Oxidator-Verhältnis λ_2 vorliegt, das größer ist als 1, zweckmäßig sogar größer als 2, so dass ein mageres Brennstoff-Oxidator-Gemisch 13 vorliegt. Ein solches mageres Brennstoff-Oxidator-Gemisch 13 besitzt eine höhere Zündtemperatur, die aufgrund der Vorwärmung durch den Teiloxidationskatalysator 10 relativ rasch erreicht ist, so dass auch die katalytische Reaktion im Volloxidationskatalysator 9 gestartet werden kann. Auch bei dieser Reaktion entsteht Wärme, welche die Katalysatoren 9, 10 und somit den Hybridbrenner 1 weiter aufwärmt.

[0031] Mit zunehmender Temperatur wird der Brennstoffanteil im Volumenstromverhältnis des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 11 weiter reduziert, während der Brennstoffanteil im Volumenstromverhältnis des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 13 weiter erhöht wird. Am Ende der Startprozedur besitzt der Brennstoffanteil im Volumenstromverhältnis des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 11 seinen Minimalwert und der Brennstoffanteil im Volumenstromverhältnis des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 13 seinen Maximalwert. Dabei kann der erste Brennstoffvolumenstrom absolut gesehen bei abnehmendem Relativanteil im Volumenstrom des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs 11 zuerst abnehmen und dann wieder zunehmen oder konstant bleiben, oder von Anfang an konstant bleiben oder zunehmen, da der absolute Oxidatorvolumenstrom beim Hochfahren im allgemeinen zunimmt.

[0032] Bei dieser Startprozedur muss gewährleistet werden, dass im ersten Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 das erste Brennstoff-Oxidator-Verhältnis λ_1 stets < 1 ist, um eine Überhitzung des Teiloxidationskatalysators 10 zu vermeiden. Im Nennbetrieb kann der Teiloxidationskatalysator 10 weiterhin mit einem fetten Gemisch 11 versorgt werden, z.B. um durch eine chemische Stabilisierung störende akustische Pulsationen zu reduzieren.

[0033] Zweckmäßig erfolgt in allen Betriebsphasen des Hybridbrenners 1 die Zumischung des Brennstoffs so, dass die Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 und die Abgase 14 des Volloxidationskatalysators 9 insgesamt ein mageres Abgasgemisch erzeugen, das im Brennraum 8 emissionsarm verbrennen kann.

[0034] Um die Selbstzündung im Teiloxidationskatalysator 10 zu vereinfachen und um das Hochfahren des Teiloxidationskatalysators 10 zu beschleunigen, kann es zweckmäßig sein, den dem Teiloxidationskatalysator 10 zugeführten Brennstoff vorzuwärmen. Zu diesem Zweck kann die erste Brennstoffzuführung 4 so ausgestaltet werden, dass sich für den Teiloxidationskatalysator 10 eine Zuführung von vorgewärmtem Brennstoff ergibt. In den Fig. 2 und 3 sind Beispiele für eine Ausgestaltung der ersten Brennstoffzuführung 4 gezeigt, die eine hinreichende Vorwärmung des Brennstoffs ermöglichen.

[0035] Gemäß Fig. 2 kann die erste Brennstoffzuführung 4 einen Wärmeübertrager 22 aufweisen. Dieser Wärmeübertrager 22 weist zum einen einen Brennstoffpfad und zum anderen einen Oxidatorpfad auf, wobei Brennstoffpfad und Oxidatorpfad wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind. Auf diese Weise kann der Oxidator Wärme an den Brennstoff abgeben. Im vorliegenden Beispiel ist der Wärmeübertrager 22 durch einen schraubenförmigen Leitungsabschnitt der ersten Brennstoffzuführung 4 realisiert, der an seiner Außenseite mit dem Oxidatorstrom 20 beaufschlagt ist. Der Brennstoffpfad befindet sich somit im Inneren des Schraubenabschnitts, während der Oxidatorpfad durch die Außenseite des Schraubenabschnitts gebildet ist. Ebenso ist es möglich, den Brennstoff für den Teiloxidationskatalysator 10 auf andere Weise, insbesondere elektrisch vorzuheizen.

[0036] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 wird eine hinreichende Vorwärmung des Brennstoffs dadurch erreicht, dass die Einleitung des Brennstoffs in den Oxidatorstrom 20 relativ weit stromauf des Teiloxidationskatalysators 10 erfolgt, so dass sich der eingeleitete Brennstoff bis zum Einlaß des Teiloxidationskatalysators 10 so weit mit dem Oxidator vermischt, dass sich ein Temperatúrausgleich zwischen den Strömen ergibt. Bei einer entsprechenden Positionierung der Brennstoffeinleitstelle kann dadurch die erwünschte Brennstofferwärmung erreicht werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Teiloxidationskatalysator 10 an seiner Eintrittsseite mit einem Zuführungskanal 23 entgegen der Anströmrichtung verlängert, um eine hinreichend große Mischstrecke für den über die erste Brennstoffzuführung 4 zugeführten Brennstoff und den Oxidatorstrom 20 zu erhalten. Es ist klar, dass die in den Fig. 2 und 3 exemplarisch gezeigten Maßnahmen zur Vorwärmung des dem Teiloxidationskatalysator 10 zugeführten Brennstoffs auch miteinander kombiniert werden können.

[0037] Ebenso kommt es zu einer Wärmeübertragung zwischen dem inneren Eintrittsrohr und dem äußeren Eintrittsrohr.

[0038] Wie bereits weiter oben erläutert, ist der Hybridbrenner 1 bei den Ausführungsformen der Fig. 1 bis 3 so ausgestaltet, dass die reaktiven Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in die zentrale Rezirkulationszone 17 der Brennkammer 7 eingeleitet werden können.

[0039] Fig. 4 zeigt nun eine Ausführungsform, bei welcher der Hybridbrenner 1 so ausgestaltet ist, dass die Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 auch in ei-

ne Totwasserzone 21 eingeleitet werden können, die sich im Brennraum 8 im Bereich der Querschnittserweiterung 6 ausbilden kann. Die Totwasserzone 21 ist hierbei durch Pfeile symbolisiert, die eine ringförmige Wirbelwalze darstellen sollen. Durch die Einleitung der reaktiven Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in die Totwasserzone 21 kann auch dort eine Stabilisierung der Verbrennungsreaktion erreicht werden.

[0040] Im Unterschied zu den Ausführungsformen der Fig. 1 bis 3 ist bei der Variante gemäß Fig. 4 der Teiloxidationskatalysator 10 so ausgestaltet, dass er den zentral angeordneten Volloxidationskatalysator 9 radial außen, insbesondere ringförmig, umgibt. Das Gehäuse 12 enthält stromab des Teiloxidationskatalysators 10 einen Abgaspfad 24, der am Austrittsende 15 des Teiloxidationskatalysators 10 beginnt und am Eintritt des Brennraums 8 endet. Der Abgaspfad 24 enthält einen Hauptkanal 24b, der sich im wesentlichen axial, also in der Hauptströmungsrichtung erstreckt. Vom Hauptkanal 24b zweigen mehrere Nebenkanäle 24a ab, die zur Querschnittserweiterung 6 führen und im Bereich der Totwasserzone 21 in den Brennraum 8 einmünden. Auf diese Weise kann sich das Abgas 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in einen Hauptstrom 12b, der dem Hauptkanal 24b folgt, und einen Nebenstrom 12a aufteilen, der durch die Nebenkanäle 24a strömt. Folglich kann ein Teil der Abgase 12 des Teiloxidationskatalysators 10 in die Totwasserzone 21 eingeleitet werden. Durch eine entsprechende Formgebung des Hauptkanals 24b, insbesondere in Verbindung mit geeigneten Strömungsleitmitteln, kann der Hauptstrom 12b zumindest teilweise in die Rezirkulationszone 17 eingeleitet werden.

[0041] Das Abgas 12b des Teiloxidationskatalysators 10 kann jedoch grundsätzlich zu jeder beliebigen Stelle geleitet werden, die für eine derartige Abgaszuführung sinnvoll erscheint, insbesondere die zentrale und die seitlichen Rezirkulationszonen 17 und 21.

[0042] Um eine Überhitzung der Katalysatoren 9, 10, vor allem im Nennbetrieb des Hybridbrenners 1 zu vermeiden, kann es zweckmäßig sein, den jeweiligen Katalysator 9, 10 sowohl mit katalytisch aktiven Kanälen als auch mit katalytisch inaktiven Kanälen auszustatten. Die katalytisch aktiven Kanäle und die katalytisch inaktiven Kanäle sind dann wärmeübertragend miteinander gekoppelt. Zweckmäßig erfolgt eine alternierende Anordnung der Kanäle innerhalb der jeweiligen Katalysatorstruktur. Im Betrieb des Hybridbrenners 1 sind dann sowohl die katalytisch aktiven Kanälen als auch die katalytisch inaktiven Kanäle vom jeweiligen Brennstoff-Oxidator-Gemisch 11 bzw. 13 durchströmt, wobei die Gemischströmung in den katalytisch inaktiven Kanälen die katalytisch aktiven Kanäle und somit dem jeweiligen Katalysator 9, 10 kühlt. Von besonderem Interesse ist die Anordnung katalytisch aktiver Kanäle und katalytisch inaktiver Kanäle beim Volloxidationskatalysator 9, da dieser im Nennbetriebspunkt des Hybridbrenners 1 die Hauptumsetzung des Brennstoffs bewirkt.

Bezugszeichenliste

[0043]

5	1	Hybridbrenner
	2	Gehäuse
	3	Oxidatorzuführung
	4	erste Brennstoffzuführung
	5	zweite Brennstoffzuführung
10	6	Querschnittserweiterung
	7	Brennkammer
	8	Brennraum
	9	Volloxidationskatalysator
	10	Teiloxidationskatalysator
15	11	erstes Brennstoff-Oxidator-Gemisch
	12	Abgas von 10
	13	zweites Brennstoff-Oxidator-Gemisch
	14	Abgas von 9
	15	Austrittsende von 10
20	16	Austrittsende von 9
	17	Rezirkulationszone
	18	Flammenfront
	19	Drallerzeuger
	20	Oxidatorstrom
25	21	Totwasserzone
	22	Wärmeübertrager
	23	Zuführungskanal
	24	Abgaspfad

30

Patentansprüche

1. Hybridbrenner für eine Brennkammer (7), insbesondere einer Kraftwerksanlage, mit einem Gehäuse (2), in dem ein Volloxidationskatalysator (9) und ein Teiloxidationskatalysator (10) parallel durchströmbar angeordnet sind und das im Einbaustand eingangsseitig an wenigstens eine Oxidatorzuführung (3), zur Erzeugung eines im Betrieb des Hybridbrenners (1) dem Teiloxidationskatalysator (10) zugeführten, ein erstes Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_1) aufweisenden ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs (11) an eine erste Brennstoffzuführung (4) und zur Erzeugung eines im Betrieb des Hybridbrenners (1) dem Volloxidationskatalysator (9) zugeführten, ein vom ersten Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_1) abweichendes zweites Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_2) aufweisenden zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs (13) an eine zweite Brennstoffzuführung (5) sowie ausgangseitig an eine Brennkammer (7) angeschlossen ist.
2. Hybridbrenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abgaspfad (24) stromab des Teiloxidationskatalysators (10) so ausgebildet ist, dass er im Betrieb des Hybridbrenners (1) Abgas (12) des Teiloxidationskatalysators (10) in eine zentrale Rezirkulationszone (17), die sich in einem

- Brennraum (8) der Brennkammer (7) stromab des Hybridbrenners (1) ausbildet, und/oder in eine äußere Totwasserzone (21), die sich im Brennraum (8) im Bereich einer sprungartigen Querschnittserweiterung (6) zwischen Hybridbrenner (1) und Brennraum (8) ausbildet, einleitet.
3. Hybridbrenner nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) so ausgebildet ist, dass er im Betrieb des Hybridbrenners (1) ein Abgas (12), das am Austrittsende (15) des Teiloxidationskatalysators (10) austritt, in eine zentrale Rezirkulationszone (17) einleitet, die sich in einem Brennraum (8) der Brennkammer (7) stromab des Hybridbrenners (1) ausbildet.
4. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) als zentrale Lanze ausgebildet oder in eine solche integriert ist, wobei ein Austrittsende (15) der Lanze im Gehäuse (2) stromab eines Austrittsendes (16) des Volloxidationskatalysators (9) positioniert ist.
5. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Volloxidationskatalysator (9) den Teiloxidationskatalysator (10) konzentrisch und/oder ringförmig umgibt.
6. Hybridbrenner nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) den Volloxidationskatalysator (9) konzentrisch und/oder ringförmig umgibt.
7. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) so ausgebildet ist, dass er im Betrieb des Hybridbrenners (1) ein Wasserstoff enthaltendes Abgas (12) erzeugt, wenn er mit einem fetten Brennstoff-Oxidator-Gemisch (11) versorgt wird.
8. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) so ausgebildet ist, dass er zumindest bei einer Startprozedur des Hybridbrenners (1) Wärme an den Volloxidationskatalysator (9) abgibt.
9. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hybridbrenner (1) im Einbauszustand einen Abgaspfad ausbildet, der über eine sprungförmige Querschnittserweiterung (6) von den Austrittsenden (15, 16) der Katalysatoren (9, 10) in einen Brennraum (8) der Brennkammer (7) führen kann.
10. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Gehäuse (2)
- wenigstens ein Drallerzeuger (19) angeordnet ist, der stromab des Teiloxidationskatalysators (10) und/oder des Volloxidationskatalysators (9) angeordnet oder in den Teiloxidationskatalysator (10) und/oder in den Volloxidationskatalysator (9) integriert ist.
11. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Brennstoffzuführung (4) so ausgestaltet ist, dass dem Teiloxidationskatalysator (10) vorgewärmter Brennstoff zugeführt wird.
12. Hybridbrenner nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Brennstoffzuführung (4) den Brennstoff so weit stromauf des Teiloxidationskatalysators (10) in den Oxidatorstrom (20) einleitet, dass sich der Brennstoff durch Wärmeaustausch mit dem Oxidator bis zum Erreichen des Teiloxidationskatalysators (10) erwärmt.
13. Hybridbrenner nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Brennstoffzuführung (4) einen Wärmeübertrager (22) aufweist, der im Oxidatorstrom (20) angeordnet ist und der einen Brennstoffpfad sowie einen Oxidatorpfad aufweist, die wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind.
14. Hybridbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der Katalysatoren (9, 10) katalytisch aktive Kanäle und katalytisch inaktive Kanäle aufweist, die wärmeübertragend miteinander gekoppelt sind und im Betrieb des Hybridbrenners (1) von einem dem jeweiligen Katalysator (9, 10) zugeführten Brennstoff-Oxidator-Gemisch (11, 13) durchströmt sind.
15. Verfahren zum Betreiben eines Hybridbrenners (1) für eine Brennkammer (7), insbesondere einer Kraftwerksanlage,
- wobei der Hybridbrenner (1) in einem Gehäuse (2) einen Volloxidationskatalysator (9) und einen Teiloxidationskatalysator (10) enthält, die parallel durchströmbare sind,
 - wobei der Teiloxidationskatalysator (10) mit einem ersten Brennstoff-Oxidator-Gemisch (11) versorgt wird, das ein erstes Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_1) aufweist,
 - wobei der Volloxidationskatalysator (9) mit einem zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemisch (13) versorgt wird, das ein zweites Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_2) aufweist, das von dem ersten Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_1) verschieden ist.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das erste Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_1) kleiner als 1, insbesondere kleiner als $\frac{1}{2}$, ist, so dass ein fettes erstes Brennstoff-Oxidator-Gemisch (11) vorliegt,
- **dass** das zweite Brennstoff-Oxidator-Verhältnis (λ_2) größer als 1, insbesondere größer als 2, ist, so dass ein mageres zweites Brennstoff-Oxidator-Gemisch (13) vorliegt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teiloxidationskatalysator (10) so ausgebildet ist, dass er ein Wasserstoff enthaltendes erstes Abgas (12) erzeugt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** ein vom Teiloxidationskatalysator (10) erzeugtes erstes Abgas (12) zumindest teilweise in eine zentrale Rezirkulationszone (17) eingeleitet wird, die sich in einem Brennraum (8) der Brennkammer (7) stromab des Hybridbrenners (1) ausbildet, und/oder
- **dass** ein vom Teiloxidationskatalysator (10) erzeugtes erstes Abgas (12) zumindest teilweise in eine äußere Totwasserzone (21) eingeleitet wird, die sich im Brennraum (8) im Bereich einer sprungartigen Querschnittserweiterung (6) zwischen Hybridbrenner (1) und Brennraum (8) ausbildet.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein vom Teiloxidationskatalysator (10) erzeugtes erstes Abgas (12) zumindest teilweise mit einem vom Volloxidationskatalysator (9) erzeugten zweiten Abgas (14) vermischt wird, bevor das so gebildete Abgasgemisch (12, 14) in einen Brennraum (8) der Brennkammer (7) eingeleitet wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** während einer Startprozedur zum Starten des Hybridbrenners (1) die Brennstoffanteile in den Volumenströmen der Brennstoff-Oxidator-Gemische (11, 13) variiert werden, derart, dass im Verlauf der Startprozedur der Brennstoffanteil im Volumenstrom des ersten Brennstoff-Oxidator-Gemischs (11) abnimmt, während der Brennstoffanteil im Volumenstrom des zweiten Brennstoff-Oxidator-Gemischs (13) zunimmt.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Startprozedur die Brennstoffanteile in den Volumenströmen der Brennstoff-Oxidator-Gemische (11, 13) in Abhängigkeit einer Einlaßtemperatur des Hybridbrenners (1) variiert werden.

Claims

- Hybrid burner for a combustion chamber (7), in particular of a power plant, with a housing (2) in which a full oxidation catalyst (9) and a partial oxidation catalyst (10) with parallel through-flows are arranged, and which in installation state on the inlet side is connected to at least one oxidator supply (3), to a first fuel supply (4) for producing a first fuel-oxidator mixture (11) having a first fuel-oxidator ratio (λ_1) and supplied to the partial oxidation catalyst (10) in operation of the hybrid burner (1), and to a second fuel supply (5) for generating a second fuel-oxidator mixture (13) having a second fuel-oxidator ratio (λ_2) different from the first fuel-oxidator ratio (λ_1) and supplied to the full oxidation catalyst (9) in operation of the hybrid burner (1), and on the output side to a combustion chamber (7).
- Hybrid burner according to claim 1, **characterised in that** an outlet gas path (24) is formed downstream of the partial oxidation catalyst (10) such that in operation of the hybrid burner (1), it introduces an exhaust gas (12) from the partial oxidation catalyst (10) into a central recirculation zone (17) which forms in a combustion space (8) of the combustion chamber (7) downstream of the hybrid burner (1) and/or in an outer dead-water zone (21) which forms in the combustion space (8) in the region of a jump-like cross-section widening (6) between the hybrid burner (1) and the combustion space (8).
- Hybrid burner according to claim 1 or 2, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) is configured such that in operation of the hybrid burner (1), it introduces an exhaust gas (12) which emerges at the outlet end (15) of the partial oxidation catalyst (10) into a central recirculation zone (17) which forms in a combustion space (8) of the combustion chamber (7) downstream of the hybrid burner (1).
- Hybrid burner according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) is formed as a central lance or is integrated therein, wherein an outlet end (15) of the lance is positioned in the housing (2) downstream of an outlet end (16) of the full oxidation catalyst (9).
- Hybrid burner according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the full oxidation catalyst (9) surrounds the partial oxidation catalyst (10) in concentric and/or annular fashion.
- Hybrid burner according to claim 1 or 2, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) surrounds the full oxidation catalyst (9) in concentric and/or annular fashion.

7. Hybrid burner according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) is configured such that in operation of the hybrid burner (1), it produces an exhaust gas (12) containing hydrogen if supplied with a rich fuel-oxidator mixture (11). 5
8. Hybrid burner according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) is configured such that at least during a start-up procedure of the hybrid burner (1), it emits heat to the full oxidation catalyst (9). 10
9. Hybrid burner according to any of claims 1 to 8, **characterised in that** in installation state, the hybrid burner (1) forms an exhaust gas path which can lead via a jump-like cross-section widening (6) from the outlet ends (15, 16) of the catalysts (9, 10) to a combustion space (8) of the combustion chamber (7). 15
10. Hybrid burner according to any of claims 1 to 9, **characterised in that** at least one swirl generator (19) is arranged in the housing (2) and is arranged downstream of the partial oxidation catalyst (10) and/or full oxidation catalyst (9) or is integrated in the partial oxidation catalyst (10) and/or in the full oxidation catalyst (9). 20
11. Hybrid burner according to any of claims 1 to 10, **characterised in that** the first fuel supply (4) is configured such that preheated fuel is supplied to the partial oxidation catalyst (10). 25
12. Hybrid burner according to claim 11, **characterised in that** the first fuel supply (4) introduces the fuel into the oxidator flow (20) so far upstream of the partial oxidation catalyst (10) that the fuel is heated by heat exchange with the oxidator before it reaches the partial oxidation catalyst (10). 30
13. Hybrid burner according to claim 11 or 12, **characterised in that** the first fuel supply (4) has a heat transmitter (22) which is arranged in the oxidator flow (20) and has a fuel path and an oxidator path which are coupled together heat-transmissively. 35
14. Hybrid burner according to any of claims 1 to 13, **characterised in that** at least one of the catalysts (9, 10) comprises catalytically active channels and catalytically inactive channels which are coupled together heat-transmissively and through which, in operation of the hybrid burner (1), a fuel-oxidator mixture (11, 13) flows which is supplied to the respective catalyst (9, 10). 40
15. Method for operation of a hybrid burner (1) for a combustion chamber (7), in particular of a power plant, 45
 - wherein the hybrid burner (1) in a housing (2) contains a full oxidation catalyst (9) and a partial oxidation catalyst (10) which have parallel through-flows,
 - wherein the partial oxidation catalyst (10) is supplied with a first fuel-oxidator mixture (11) which has a first fuel-oxidator ratio (λ_1),
 - wherein the full oxidation catalyst (9) is supplied with a second fuel-oxidator mixture (13) which has a second fuel-oxidator ratio (λ_2) which is different from the first fuel-oxidator ratio (λ_1).
16. Method according to claim 15, **characterised in that** 50
 - the first fuel-oxidator ratio (λ_1) is less than 1, in particular less than 1/2, so that a rich first fuel-oxidator mixture (11) is present,
 - the second fuel-oxidator ratio (λ_2) is greater than 1, in particular greater than 2, so that a lean second fuel-oxidator mixture (13) is present.
17. Method according to claim 15 or 16, **characterised in that** the partial oxidation catalyst (10) is configured such that it produces a first exhaust gas (12) containing hydrogen. 55
18. Method according to any of claims 15 to 17, **characterised in that**
 - a first exhaust gas (12) produced by the partial oxidation catalyst (10) is introduced at least partially into a central recirculation zone (17) which forms in a combustion space (8) of the combustion chamber (7) downstream of the hybrid burner (1), and/or
 - a first exhaust gas (12) produced by the partial oxidation catalyst (10) is introduced at least partially into an outer dead-water zone (21) which forms in the combustion space (8) in the region of a jump-like cross-section widening (6) between the hybrid burner (1) and the combustion chamber (8).
19. Method according to any of claims 15 to 18, **characterised in that** a first exhaust gas (12) produced by the partial oxidation catalyst (10) is at least partially mixed with a second exhaust gas (14) produced by the full oxidation catalyst (9) before the resulting exhaust gas mixture (12, 14) is introduced into a combustion space (8) of the combustion chamber (7).
20. Method according to any of claims 15 to 19, **characterised in that** during a start-up procedure for starting the hybrid burner (1), the fuel proportions in the volume flows of the fuel-oxidator mixtures (11, 13) are varied such that, during the start-up procedure, the fuel proportion in the volume flow of the

first fuel-oxidator mixture (11) is reduced while the fuel proportion in the volume flow of the second fuel-oxidator mixture (13) is increased.

21. Method according to claim 20, **characterised in that** during the start-up procedure, the fuel proportions in the volume flows of the fuel-oxidator mixtures (11, 13) are varied as a function of an inlet temperature of the hybrid burner (1).

Revendications

1. Brûleur hybride pour une chambre de combustion (7), plus particulièrement d'une centrale électrique, avec un boîtier (2), dans lequel un catalyseur à oxydation complète (9) et un catalyseur à oxydation partielle (10) sont disposés de façon à pouvoir être traversés parallèlement et qui est relié, dans l'état inséré, côté entrée, à au moins une conduite d'alimentation d'oxydant (3), pour la production d'un mélange carburant-oxydant (11) présentant un premier rapport carburant-oxydant (λ_1), introduit, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), dans le catalyseur à oxydation partielle (10), à une conduite d'alimentation de carburant (4) et, pour la production d'un deuxième mélange carburant-oxydant (13) présentant un deuxième rapport carburant-oxydant (λ_2) différent du premier carburant-oxydant (λ_1), introduit, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), dans le catalyseur à oxydation complète (9), à une deuxième conduite d'alimentation de carburant (5) ainsi que du côté de la sortie à une chambre de combustion (7).
2. Brûleur hybride selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** trajet de gaz d'échappement (24) en aval du catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu de façon à ce que, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), il introduit le gaz d'échappement (12) du catalyseur à oxydation partielle (10) dans une zone de recirculation centrale (17), qui se forme dans un espace de combustion (8) de la chambre de combustion (7) en aval du brûleur hybride (1), et/ou dans une zone d'eau morte externe (21) qui se forme dans l'espace de combustion (8) au niveau d'un élargissement brusque de section (6) entre le brûleur hybride (1) et l'espace de combustion (8).
3. Brûleur hybride selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu de façon à ce que, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), il introduit un gaz d'échappement (12), qui sort au niveau de l'extrémité de sortie (15) du catalyseur à oxydation partielle (10), dans une zone de recirculation centrale (17), qui se forme dans un espace de combustion (8) de la chambre de combustion (7) en aval du brûleur

hybride (1).

4. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu sous la forme d'une lance ou est intégré dans celle-ci, une extrémité de sortie (15) de la lance étant disposée dans le boîtier (2) en aval d'une extrémité de sortie (16) du catalyseur à oxydation complète (9).
5. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation complète (9) entoure de manière concentrique et/ou annulaire le catalyseur à oxydation partielle (10).
6. Brûleur hybride selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) entoure de manière concentrique et/ou annulaire le catalyseur à oxydation complète (9).
7. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu de façon à ce que, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), il génère un gaz d'échappement (12) contenant de l'hydrogène lorsqu'il est alimenté avec un mélange carburant-oxydant (11) gras.
8. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu de façon à ce que, au moins lors d'une procédure de démarrage du brûleur hybride (1), il dégage de la chaleur au catalyseur à oxydation complète (9).
9. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le brûleur hybride (1) forme, dans l'état inséré, un trajet de gaz d'échappement, qui peut conduire, par l'intermédiaire d'un élargissement brusque de la section (6), des extrémités de sortie (15, 16) des catalyseurs (9, 10) vers un espace de combustion (8) de la chambre de combustion (7).
10. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, dans le boîtier (2), se trouve au moins un générateur de tourbillon (19) qui est disposé en aval du catalyseur à oxydation partielle (10) et/ou du catalyseur à oxydation complète (9) ou intégré dans le catalyseur à oxydation partielle (10) et/ou dans le catalyseur à oxydation complète (9).
11. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la première conduite d'alimentation en carburant (4) est conçue de façon à ce qu'un carburant pré-chauffé soit introduit dans le catalyseur à oxydation partielle (10).

12. Brûleur hybride selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la première conduite d'alimentation en carburant (4) introduit le carburant vers l'amont du catalyseur à oxydation partielle (10) dans le flux d'oxydant (20) jusqu'à ce que le carburant s'échauffe par échange de chaleur avec l'oxydant jusqu'à atteindre le catalyseur à oxydation partielle (10). 5
13. Brûleur hybride selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** la première conduite d'alimentation en carburant (4) comprend un diffuseur de chaleur (22) qui est disposé dans le flux d'oxydant (20) et qui comprend un trajet de carburant ainsi qu'un trajet d'oxydant, qui sont couplés entre eux avec une transmission de chaleur. 10
14. Brûleur hybride selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**au moins un des catalyseurs (9, 10) comprend des canaux catalytiquement actifs et des canaux catalytiquement inactifs, qui sont couplés entre eux avec une transmission de chaleur et qui, lors du fonctionnement du brûleur hybride (1), sont traversés par un mélange carburant-oxydant (11, 13) introduit dans le catalyseur (9, 10) correspondant. 15
15. Procédé d'exploitation d'un brûleur hybride (1) pour une chambre de combustion (7), plus particulièrement d'une centrale électrique, 20
- le brûleur hybride (1) contenant, dans un boîtier (2) un catalyseur à oxydation complète (9) et un catalyseur à oxydation partielle (10) qui peuvent être traversés parallèlement,
 - le catalyseur à oxydation partielle (10) étant alimenté avec un premier mélange carburant-oxydant (11) qui présente un premier rapport carburant-oxydant (λ_1), 25
 - le catalyseur à oxydation complète (9) étant alimenté avec un deuxième mélange carburant-oxydant (13) qui présente un deuxième rapport carburant-oxydant (λ_2), qui est différent du premier rapport carburant-oxydant (λ_1). 30
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** 35
- le premier rapport carburant-oxydant (λ_1) est inférieur à 1, plus particulièrement inférieur à 1/2, de façon à obtenir un premier mélange carburant oxydant (11) gras,
 - le deuxième rapport carburant-oxydant (λ_2) est supérieur à 1, plus particulièrement supérieur à 2, de façon à obtenir un deuxième mélange carburant oxydant (13) maigre. 40
17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** le catalyseur à oxydation partielle (10) est conçu de façon à ce qu'il génère un premier gaz d'échappement (12) contenant de l'hydrogène. 45
18. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, **caractérisé en ce que** 50
- un premier gaz d'échappement (12) généré par le catalyseur à oxydation partielle (10) est introduit au moins partiellement dans une zone de recirculation centrale (17), qui se forme dans un espace de combustion (8) de la chambre de combustion (7) en aval du brûleur hybride (1) et/ou
 - un premier gaz d'échappement (12) généré par le catalyseur à oxydation partielle (10) est introduit au moins partiellement dans une zone d'eau morte externe (21) qui se forme dans l'espace de combustion (8) au niveau d'un élargissement brusque de section (6) entre le brûleur hybride (1) et l'espace de combustion (8). 55
19. Procédé selon l'une des revendications 15 à 18, **caractérisé en ce qu'**un premier gaz d'échappement (12), généré par le catalyseur à oxydation partielle (10), est mélangé au moins partiellement avec un deuxième gaz d'échappement (14) généré par le catalyseur à oxydation complète (9) avant que le mélange de gaz d'échappement (12, 14) ainsi formé soit introduit dans un espace de combustion (8) de la chambre de combustion (7). 60
20. Procédé selon l'une des revendications 15 à 19, **caractérisé en ce que**, pendant une procédure de démarrage, pour le démarrage du brûleur hybride (1), les parts de carburant dans les flux volumiques des mélanges carburant-oxydant (11, 13) sont modifiées de façon à ce que, au cours de la procédure de démarrage, la part de carburant dans le flux volumique du premier mélange carburant-oxydant (11) diminue, tandis que la part de carburant dans le flux volumique du deuxième mélange carburant-oxydant (13) augmente. 65
21. Procédé selon la revendication 20, **caractérisé en ce que**, pendant la procédure de démarrage, les parts de carburant dans les flux volumiques des mélanges carburant-oxydant (11, 13) sont modifiées en fonction d'une température d'entrée du brûleur hybride (1). 70

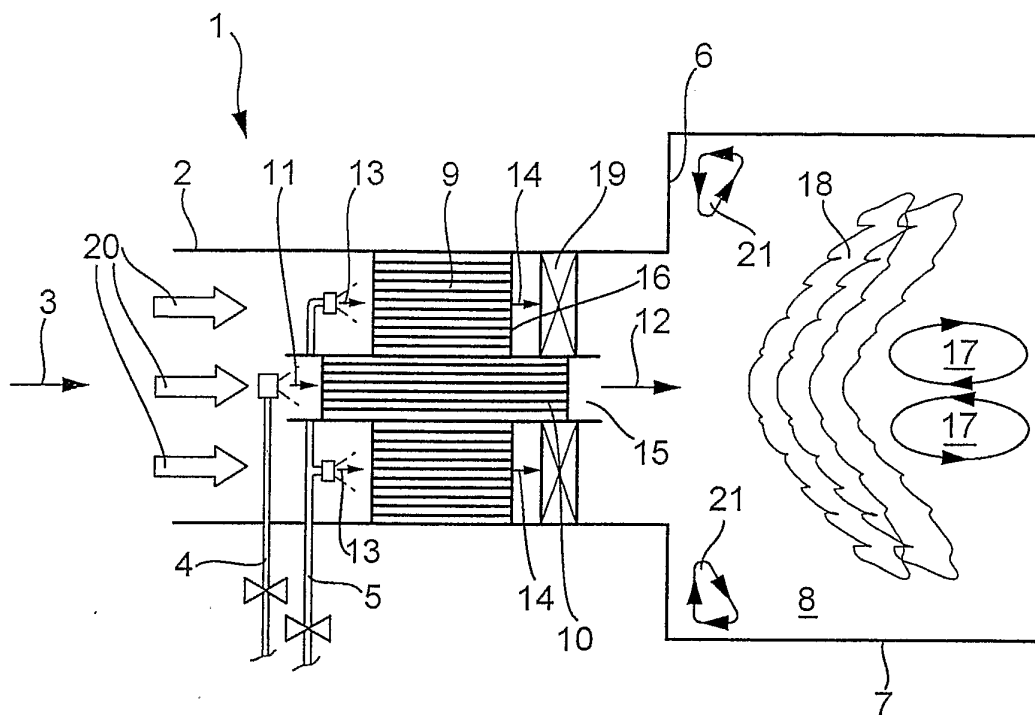


Fig. 1

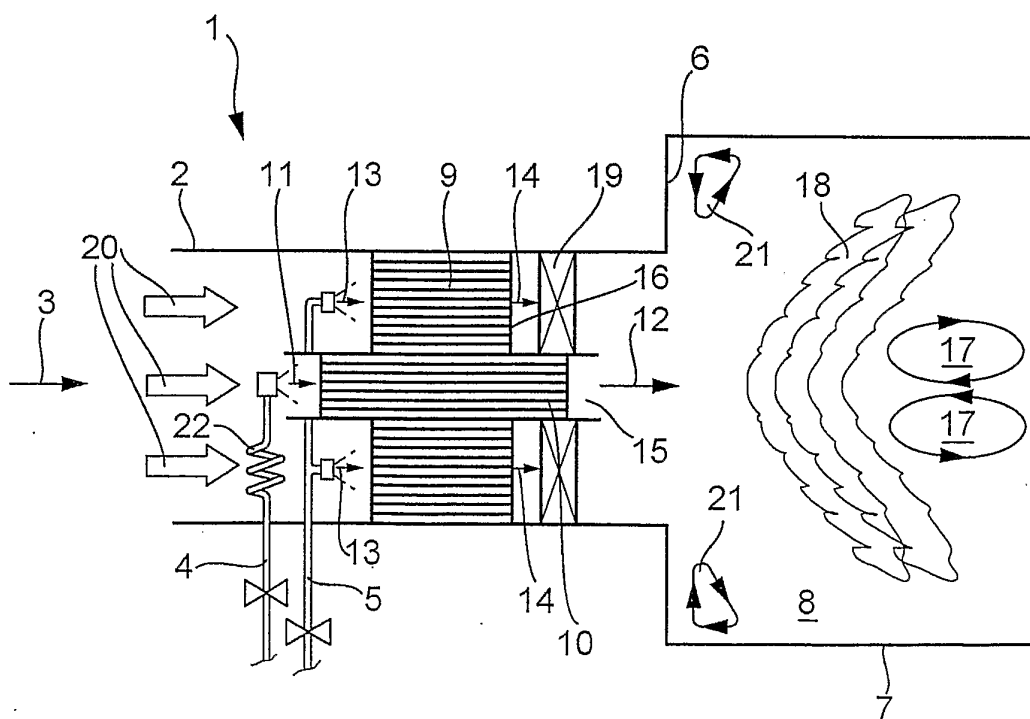


Fig. 2

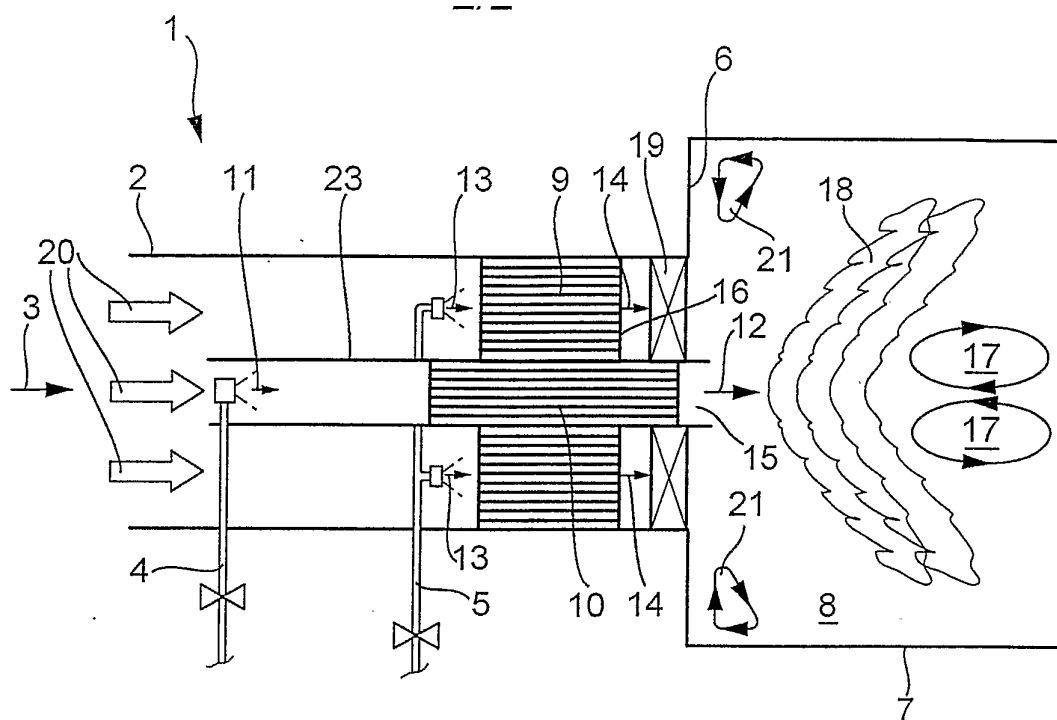


Fig. 3

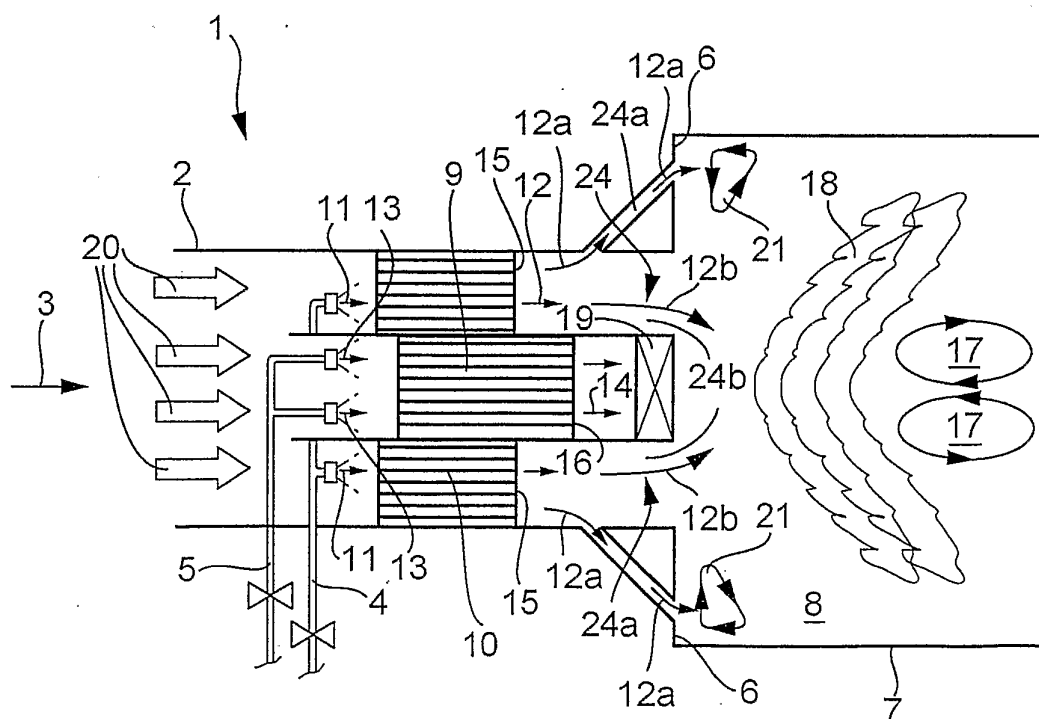


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0767345 A2 [0002]
- EP 0849451 A2 [0003]
- US 6358040 B1 [0004]
- EP 0710797 B1 [0005]
- WO 9641991 A [0006]