



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.04.2006 Patentblatt 2006/15

(51) Int Cl.:
F23R 3/36 (2006.01) F23R 3/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04024186.1**

(22) Anmeldetag: **11.10.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

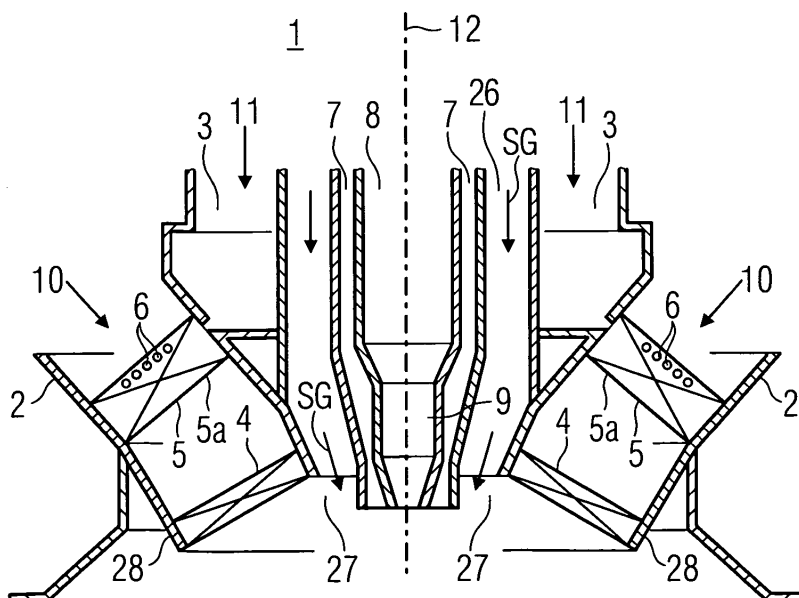
(72) Erfinder:
• **Heilos, Andreas
45468 Mülheim (DE)**
• **Köstlin, Berthold
47057 Duisburg (DE)**
• **Prade, Bernd, Dr.
45478 Mülheim (DE)**

(54) **Brenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases und Verfahren zum Betrieb eines Brenners**

(57) Die Erfindung betrifft einen Brenner (1) zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases (SG), mit einem sich entlang einer Brennerachse (12) erstreckenden Luftkanal (2) für die Zufuhr von Verbrennungsluft (10) und mit einem Brenngaskanal (26), der auf einen hohen Volumenstrom an niederkalorischen Brenngas (SG) ausgelegt ist, wobei der Brenngaskanal (26) und der Luftkanal (2) in einen Mischbereich (27) einmünden. Zur Erzielung eines stickoxidarmen Synthesegas-Betriebs des Brenners (1) ist in dem Luftkanal (2) ein Verwirbelungselement (4) zur Erzeugung von turbulenter

Verbrennungsluft (10) vorgesehen. Das Verwirbelungselement ist vorzugsweise in einem Mündungsbereich (28) unmittelbar strömungstechnisch angrenzend an den Mischbereich (27) angeordnet. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines Synthesegas-Brenners (1), bei dem unmittelbar vor der Mischung des Synthesegases (SG) mit der Verbrennungsluft (10) der Turbulenzgrad des Luftmassenstroms auf einer mikroskopischen Skala deutlich erhöht wird, um eine zeitlich und räumlich homogene Mischung des Synthesegas-Luft-Gemischs zu erreichen.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases, mit einem sich entlang einer Brennerachse erstreckenden Luftkanal für die Zufuhr von Verbrennungsluft und mit einem Brenngaskanal, der auf einem hohen Volumenstrom am niederkalorischen Brenngas ausgelegt ist, wobei der Brenngaskanal und der Luftkanal in einem Mischbereich einmünden.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners, bei dem ein fossiler Brennstoff vergast und vergaster fossiler Brennstoff als ein niederkalorisches Synthesegas dem Brenner zugeführt, mit Verbrennungsluft zu einem Synthesegas-Luft-Gemisch vermischt und in einem Brennraum verbrannt wird.

[0003] Im Hinblick auf die weltweiten Bemühungen zur Senkung des Schadstoffausstoßes von Feuerungsanlagen, insbesondere bei Gasturbinen, wurden in den letzten Jahren Brenner und Betriebsverfahren für Brenner entwickelt, welche besonders geringe Ausstöße an Stickoxiden (NO_x) haben. Dabei wird vielfach Wert darauf gelegt, dass solche Brenner jeweils nicht nur mit einem Brennstoff, sondern möglichst mit verschiedenen Brennstoffen, beispielsweise Öl, Erdgas und/oder Kohlegas wahlweise oder sogar in Kombination betreibbar sind, um die Versorgungssicherheit und Flexibilität beim Betrieb zu erhöhen. Solche Brenner sind beispielsweise in der EP 0 276 696 B1 beschrieben.

[0004] Verglichen mit den klassischen Gasturbinenbrennstoffen Erdgas und Erdöl, die im wesentlichen aus Kohlenwasserstoffverbindungen bestehen, sind die brennbaren Bestandteile von Synthesegasen im wesentlichen Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Abhängig vom Vergasungsverfahren und Gesamtanlagenkonzept ist der Heizwert des Synthesegases etwa 5 bis 10 mal kleiner verglichen mit dem Heizwert von Erdgas. Hauptbestandteile neben Kohlenmonoxid und Wasserstoff sind inerte Anteile wie Stickstoff und/oder Wasserdampf und gegebenenfalls noch Kohlendioxid. Bedingt durch den kleinen Heizwert müssen demzufolge hohe Volumenströme an Brenngas durch den Brenner der Brennkammer zugeführt werden. Dies hat zur Folge, dass für die Verbrennung von niederkalorischen Brennstoffen - wie z.B. Synthesegas - ein gesonderter Brenngaskanal, der auf einem hohen Volumenstrom an niederkalorischen Brenngas ausgelegt ist, zur Verfügung gestellt werden muss.

[0005] Zum wahlweisen Betrieb einer Gas- und Dampfturbinenanlage mit einem Synthesegas aus einer Vergasungseinrichtung oder einem Zweit- oder Ersatzbrennstoff muss der Brenner in der der Gasturbine zugeordneten Brennkammer als Zwei- oder Mehrbrennstoffbrenner ausgelegt sein, der sowohl mit dem Synthesegas als auch mit dem Zweitbrennstoff, z.B. Erdgas oder Heizöl je nach Bedarf beaufschlagt werden kann. Der jeweilige Brennstoff wird hierbei über eine eigens konstruktiv ausgelegte Brennstoffpassage im Brenner

der Verbrennungszone zugeführt.

[0006] In der EP 1 277 920 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners einer Gasturbine sowie einer Kraftwerksanlage mit integrierter Kohlevergasung gezeigt. Bei dem Verfahren zum Betrieb des Brenners wird ein fossiler Brennstoff vergast und vergaster fossiler Brennstoff als Synthesegas dem der Gasturbine zugeordneten Brenner zur Verbrennung zugeführt. Hierbei wird das Synthesegas in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt und die Teilstrome dem Brenner zur Verbrennung jeweils separat zugeführt. Durch diese Betriebsweise mit zwei Synthesegas-Teilstromen ist ein gestufter Synthesegasetrieb möglich, der an die Last der Gasturbine angepasst ist.

[0007] Neben der stöchiometrischen Verbrennungstemperatur des Synthesegases ist die Mischungsgüte zwischen Synthesegas und Verbrennungsluft an der Flammenfront eine wesentliche Einflussgröße zur Vermeidung von Temperaturspitzen und somit zur Minimierung der thermischen Stickoxidbildung. Eine räumlich gute Mischung von Verbrennungsluft und Synthesegas ist aufgrund der hohen Volumenströme an erforderlichem Synthesegas und der entsprechend großen räumlichen Ausdehnung des Mischungsgebiets besonders schwierig. Andererseits ist eine möglichst geringe Stickoxidproduktion schon aus Gründen des Umweltschutzes und entsprechenden gesetzlichen Richtlinien für Schadstoffemission eine wesentliche Anforderung an die Verbrennung, insbesondere an die Verbrennung in der Gasturbinenanlage eines Kraftwerks. Die Bildung von Stickoxiden erhöht sich exponentiell rapide mit der Flammentemperatur der Verbrennung. Bei einer inhomogenen Mischung von Brennstoff und Luft ergibt sich eine bestimmte Verteilung der Flammentemperaturen im Verbrennungsbereich. Die Maximaltemperatur einer solchen Verteilung bestimmen nach dem genannten exponentiellen Zusammenhang von Stickoxidbildung und Flammentemperatur maßgeblich die Menge der gebildeten unerwünschten Stickoxide.

[0008] Ausgehend von dieser Problematik ist die Aufgabe der Erfindung einen Brenner für die Verbrennung von niederkalorischen Brenngasen, insbesondere Synthesegasen, anzugeben, der zu einer niedrigeren Stickoxidbildung führt. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners anzugeben, bei dem ein niederkalorisches Brenngas verbrannt wird.

[0009] Die Lösung der Aufgabe, die auf einen Brenner gerichtet ist, erfolgt erfindungsgemäß durch einen Brenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases, mit einem sich entlang einer Brennerachse erstreckenden Luftkanal für die Zufuhr von Verbrennungsluft und mit einem Brenngaskanal, der auf einem hohen Volumenstrom an niederkalorischem Brenngas ausgelegt ist, wobei der Brenngaskanal und der Luftkanal in einen Mischbereich einmünden, wobei im Luftkanal ein Verwirbelungselement zur Erzeugung von turbulenter Verbrennungsluft vorgesehen ist.

[0010] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass bei den bekannten Brenner zur Verbrennung niederkalorischer Brenngase die Stickoxidbildung durch unzureichende Mischung des niederkalorischen Brenngases mit der Verbrennungsluft in dem Mischbereich in Anbetracht zukünftiger Schadstoffgrenzwerte zu hoch ist. Durch den Einbau eines Verwirbelungselements in den Luftkanal wird der Turbulenzgrad des Luftmassenstroms bereits vor der Mischung der Verbrennungsluft mit dem niederkalorischen Brenngas erhöht. Die Erfindung hat dabei erkannt, dass es in diesem Zusammenhang besonders wichtig ist eine Turbulenzgraderhöhung nur im mikroskopischen Bereich durchzuführen, d.h. große Wirbelballen mit stark ausgeprägten Nachlaufgebieten und insbesondere mit stromaufgerichteten Strömungskomponenten müssen vermieden werden, da ansonsten die Gefahr eines Flammenrückschlages in den Brenner selbst besteht.

[0011] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt darin, dass durch die mikroturbulente Strömung der Verbrennungsluft eine besonders gute Mischung von Verbrennungsluft und Brenngas erzielt ist, wobei gleichzeitig ein durch das Verwirbelungselement hervorgerufener Druckverlust gering ist. Es wird durch die Mischung von niederkalorischen Brenngas und turbulenzbehafteter Verbrennungsluft in dem Mischbereich eine erheblich verbesserte räumliche Homogenität des Brenngas-Luft-Gemischs erzielt in dem Mischbereich erzielt. Die Mikroturbulenzen gewährleisten dabei eine besonders innige Vermischung bei Vermeidung eines Flammenrückschlages.

[0012] Um einen besonders stabilen Brennerbetrieb zu ermöglichen, weist der Luftkanal vorzugsweise einen Mündungsbereich auf, der unmittelbar strömungstechnisch angrenzend an den Mischbereich angeordnet ist, wobei das Verwirbelungselement in dem Mündungsbereich angeordnet ist.

[0013] Es hat sich gezeigt, dass die Anordnung des Verwirbelungselements in unmittelbarer Nähe des Mischbereichs in dem Mündungsbereich zu einer besonders effektiven Luftwirbelausbildung führt, so dass sich die erzeugten Turbulenzen im mikroskopischen Bereich in den angrenzenden Mischbereich weitgehend störungsfrei ausbreiten. Hierdurch wird sowohl eine räumlich als auch eine zeitlich weitgehend homogene Mischung von niederkalorischen Brenngas und Verbrennungsluft und damit eine reduzierte Stickstoffproduktion erreicht. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die genaue Positionierung des Verwirbelungselements in dem Luftkanal besonders kritisch für das Mischungsergebnis in dem Mischbereich ist. Deshalb ist die Positionierung des Verwirbelungselements in dem Mischbereich besonders vorteilhaft und es sollten zur Erzielung eines guten Mischungsergebnisses möglichst weitere Einbauten in dem Nachlaufgebiet des Verwirbelungselements vermieden werden.

[0014] In bevorzugter Ausgestaltung ist das Verwirbelungselement daher so ausgebildet, dass die erzeugbare

turbulente Strömung der Verbrennungsluft am Verwirbelungselement im wesentlichen keine Gebiete zurückströmender Verbrennungsluft aufweist. Auf diese Weise ist ein sicherer Betrieb des Brenners bei der Verbrennung von niederkalorischen Brenngas gewährleistet und insbesondere die Gefahr eines Flammenrückschlages in den Brenner selbst unterbunden.

[0015] Bevorzugt ist der Luftkanal als ein Ringkanal ausgebildet, der den Brenngaskanal konzentrisch umschließt.

[0016] Um für den Brenner eine möglichst effektive Turbulenzgraderhöhung im mikroskopischen Bereich zu erzielen, sind besondere Anforderungen an die konstruktive Ausführung und Anordnung des Verwirbelungselements gegeben. Nach einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Verwirbelungselement hierbei auf:

- a) Einen ersten Begrenzungsring mit einer Symmetrieachse,
- b) einen zweiten größeren Begrenzungsring, dessen Mittelpunkt auf der Symmetrieachse liegt,
- c) eine Verbindungsfläche, die durch die beiden Begrenzungsringe aufgespannt ist, und
- d) entlang auf der Verbindungsfläche liegender Kreise, deren jeweiliger Mittelpunkt auf der Symmetrieachse liegt, eine Vielzahl von flächigen Auslenkelementen, die jeweils gegen eine normale der Verbindungsfläche geneigt sind.

[0017] Das Verwirbelungselement ist insbesondere für den Einsatz in einem ringförmigen Luftkanal geeignet. Es sind mindestens zwei, vorzugsweise drei Kreise vorgesehen.

[0018] Bei einer Untersuchung der zeitlichen Schwankung des Mischungsverhältnisses in Versuchen hat sich gezeigt, dass durch die oben beschriebene konstruktive Auslegung des Verwirbelungselements lokal auftretende zeitliche Schwankungen des Mischungsverhältnisses zwischen den niederkalorischen Brenngas und der Verbrennungsluft sehr gering sind. Gleichzeitig ist nur ein geringer Druckverlust mit dem derart konzipierten Verwirbelungselement verbunden, so dass der Wirkungsgrad des Brenners nahezu unbeeinträchtigt bleibt.

[0019] Bevorzugtermaßen beträgt die Verbindungsfläche weniger als die Hälfte der durch den größeren Begrenzungsring umschlossenen Kreisfläche bei dem Verwirbelungselement. Weiterhin bevorzugt ist der Durchmesser des größeren Begrenzungsringes kleiner als etwa 1 m, insbesondere 50 bis 80 cm. Damit ist das Verwirbelungselement für den Einsatz in kleinen Strömungskanälen, wie z.B. im Luftkanal des Brenners, geeignet.

[0020] In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung sind die einem Kreis zugeordneten Auslenkelemente untereinander gleich beabstandet. Damit wird ein über die ganze Verbindungsfläche gleichmäßige Verwirbelung erzielt und somit eine besonders homogene Mischung des niederkalorischen Brenngases, insbesondere des

Synthesegases, mit der Verbrennungsluft in dem Mischbereich bewirkt.

[0021] Weiterhin bevorzugt ist, dass sich jedes Auslenkelement aus der Verbindungsfläche zu einer Abrisskante zur Erzeugung von Wirbeln verjüngt. Vorzugsweise weist es etwa Trapez- oder Dreiecksform auf. Durch diese Ausgestaltung wird eine besonders intensive Verwirbelung erreicht.

[0022] Bevorzugtermaßen sind die an einem jeweiligen Kreis zugeordneten Auslenkelemente gleichsinnig geneigt. Bevorzugt sind auf einander benachbarten Kreisen angeordnete Auslenkelemente gegensinnig geneigt. Diese Anordnung der Auslenkelemente bewirkt, dass zusätzlich zur lokal guten Durchmischung durch die Verwirbelung eine Homogenisierung über größere Bereiche der Luftströmung erfolgt. Dies ist besonders wichtig, um bei der Einmündung des niederkalorischen Brenngases und der Verbrennungsluft in den Mischbereich Turbulenzen im mikroskopischen Bereich sicherzustellen im Hinblick auf die Erzielung eines homogenen Synthesegas-Verbrennungsluft-Gemischs beim Brennerbetrieb.

[0023] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der Brenner so ausgebildet, dass stromaufwärts von dem Verwirbelungselement Drallschaukeln im Luftkanal angeordnet sind. Hierdurch wird erreicht, dass der Verbrennungsluft in dem Luftkanal bereits vorab ein Drall mittels der Drallschaukel aufgeprägt wird, bevor stromabwärts die drallbehaftete Verbrennungsluftströmung durch das Verwirbelungselement eine Turbulenzgraderhöhung im mikroskopischen Bereich erfährt. Ferner wird hierdurch erreicht, dass ein Verwirbelungselement mit den oben beschriebenen vorteilhaften Auswirkungen auf die Homogenität der Mischung von niederkalorischen Brenngas und Verbrennungsluft in den Mischbereich auch in Verbindung mit Drallschaukeln einsetzbar ist, die letztendlich günstig auf die Stabilität der Verbrennung des niederkalorischen Brenngases einwirken.

[0024] Vorzugsweise ist zumindest eine der Drallschaukeln als Hohlschaukel ausgebildet, aus dem bedarfsweise ein hochkalorischer Brennstoff, insbesondere Erdgas, in den Luftkanal einlassbar ist. Über diese Ausgestaltung ist es möglich, eine gleichmäßige Eindüsung von hochkalorischen Brennstoff, etwa bei einem Erdgasbetrieb des Brenners, aus einer als Hohlschaukel ausgebildeten Drallschaukel mit einer weiteren homogenisierenden Wirkung auf das Brennstoff/Luft-Gemisch in Kombination mit den oben erläuterten Vorteilen zu nutzen. Der Brenner ist somit für verschiedene Betriebsbedingungen und Betriebsstoffe vorteilhafterweise ausgelegt, so dass wahlweise gasförmige Brennstoffe mit völlig verschiedenen spezifischen Brennwerten, beispielsweise Erdgas und Kohlegas, eingesetzt werden können. Bei einem Betrieb mit hochkalorischen Brennstoff, wie z.B. Erdgas, werden die Drallschaukeln zur Eindüsung des hochkalorischen Brennstoffs eingesetzt (Vormischverbrennung), während beim Betrieb mit einem niederkalorischen Brenngas der Brenngaskanal, der auf einem hohen Volumenstrom an Brenngas ausgelegt ist, mit Syn-

thesegas beaufschlagt ist. Der Brenner ist somit zum wahlweisen Betrieb mit einem Synthesegas aus einer Vergasungseinrichtung und einem Zweit- oder Ersatzbrennstoff als Zwei- oder Mehrbrennstoffbrenner ausgelegt, der sowohl mit dem Synthesegas als auch mit dem Zweitbrennstoff, z.B. hochkalorisches Erdgas oder Heizöl je nach Bedarf beaufschlagt werden kann. Der jeweilige Brennstoff wird hierbei wie oben beschrieben über eine jeweilige Brennstoffpassage, wahlweise der Brenngaskanal im Synthesegasbetrieb oder die Hohlschaukel im Erdgasbetrieb, der Verbrennungszone zugeführt.

[0025] Weiterhin bevorzugt ist die Ausbildung des Brenners als ein Vormisch- oder Hybridbrenner für den Einsatz in Gasturbinenanlagen, mit einem Luftzufuhrkanal, insbesondere ein Ringkanal, welcher mindestens drei weitere, insbesondere konzentrisch zum Luftzufuhrkanal angeordnete Ringkanäle zur Zuführung von fluidischen Medien umschließt, wobei zwei dieser Kanäle zur Versorgung eines Pilotbrenners dienen und wobei durch den Pilotbrenner eine Pilotflamme zur Aufrechterhaltung der Verbrennung erzeugbar ist.

[0026] Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners, bei dem ein fossiler Brennstoff vergast und vergaster fossiler Brennstoff als ein niederkalorisches Synthesegas dem Brenner zugeführt, und die Verbrennungsluft zu einem Synthesegas-Luft-Gemisch vermischt und in einem Brennraum verbrannt wird, wobei unmittelbar vor der Mischung des Synthesegases mit der Verbrennungsluft der Turbulenzgrad des Luftmassenstroms erhöht wird. Vorzugsweise werden dabei Mikroturbulenzen erzeugt.

[0027] Die Vorteile des Verfahrens zum Betrieb eines Brenners ergeben sich aus den oben beschriebenen Vorteilen des erfindungsgemäßen Brenners zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases, insbesondere eines Synthesegases.

[0028] In bevorzugte Ausgestaltung des Verfahrens wird dieses beim Betrieb eines Brenners einer Gasturbine angewandt.

[0029] Weiter bevorzugt ist eine Anwendung des Verfahrens beim Betrieb einer Kraftwerksanlage mit integrierter Vergasung eines fossilen Brennstoffs zu einem Synthesegas, insbesondere Kohlegas.

[0030] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen schematisch und nicht maßstäblich

FIG 1 eine Kraftwerksanlage mit integrierter Vergasungseinrichtung,

FIG 2 einen Längsschnitt durch einen Brenner gemäß der Erfindung,

FIG 3 ein Verwirbelungselement in Draufsicht, und

FIG 4 ein Verwirbelungselement in Seitenansicht.

[0031] Gleiche Bezugszeichen haben in den Figuren die gleiche Bedeutung.

[0032] Die Kraftwerksanlage 24 gemäß FIG 1 umfasst eine Gasturbinenanlage 25 mit einer der Gasturbinenanlage 25 vorgeschalteten Vergasungseinrichtung 23 für einen fossilen Brennstoff B. Die Gasturbinenanlage 25 umfasst einen Verdichter 14, eine Brennkammer 16 sowie eine der Brennkammer 16 nachgeschaltete Turbine 18. Der Verdichter 14 und die Turbine 18 sind über eine gemeinsame Rotorwelle 15 miteinander gekoppelt. Der Turbine 18 nachgeschaltet ist ein elektrischer Generator 19 über eine Generatorwelle 22 an die Turbine angekoppelt. Die Brennkammer 16 umfasst einen Brennraum 17 sowie einen in den Brennraum 17 hineinragenden Brenner 1 zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases SG, welches aus der Vergasungseinrichtung 23 durch Vergasung des fossilen Brennstoffs B gewonnen wird.

[0033] Im Betrieb der Gasturbine 18 wird Luft 10 in den Verdichter 14 angesaugt und dort hoch komprimiert. Die komprimierte Luft 10 wird sodann als Verbrennungsluft 10 dem Brenner 1 zugeführt und mit dem niederkalorischen Brenngas SG vermischt. Das dabei entstehende Brenngas-Luft-Gemisch wird in dem Brennraum 17 verbrannt, wobei sehr heiße Verbrennungsgase entstehen. Die heißen Verbrennungsgase werden der Turbine 18 zugeführt, wo diese sich arbeitsleistend entspannen und sowohl die verdichterseitige Rotorwelle 15 als auch die Generatorwelle 22 in Rotation versetzen. Auf diese Weise wird elektrische Leistung erzeugt, welche der Generator 19 zur Verteilung in ein elektrisches Netz abgibt. Abströmseitig der Turbine 18 werden die teilweise abgekühlten und entspannten Verbrennungsgase als Abgas 20 abgegeben. Diese Abgase 20 sind schadstoffbehaftet, insbesondere sind Stickoxide in dem Abgas vorhanden, welche sich bei den hohen Verbrennungstemperaturen im Brennraum 17 bilden.

[0034] Zur erhöhten Stickoxidemission kommt es auch, wenn das Brenngas-Luft-Gemisch nicht hinreichend homogen gemischt ist bzw. eine zeitliche oder räumliche Veränderung des Mischungsfeldes erfährt. Dies führt im allgemeinen zu einer ungünstigen Mischung des niederkalorischen Brenngases SG mit der Verbrennungsluft 10 und zu einem erheblichen Anstieg der Stickoxidbildungsrate bei dem Verbrennungsprozess.

[0035] Hier schafft die Erfindung Abhilfe, in dem sie eine Lösung vorschlägt, die die Mischungsgüte zwischen dem Synthesegas SG und der Verbrennungsluft 10 an der Flammenfront wesentlich verbessert, um somit einen schadstoffarmen Synthesegas-Betrieb des Brenners 1 zu gewährleisten, wobei Temperaturspitzen vermieden werden und somit eine Absenkung der thermischen Stickoxidbildung gegenüber herkömmlichen Synthesegasbrennern erzielt ist.

[0036] Um das Konzept der Erfindung zu illustrieren zeigt FIG 2 einen Brenner 1 zur Verbrennung des niederkalorischen Brenngases SG gemäß der Erfindung. Der Brenner 1 ist in etwa rotationssymmetrisch bezüglich

einer Achse 12. Ein entlang der Achse 12 gerichteter Pilotbrenner 9 mit einem Brennstoff-Zufuhrkanal 8 und einem diesem konzentrisch umschließenden Luftzufuhr-Ringkanal 7 ist konzentrisch umgeben von einem Brennstoff-Ringkanal 3. Der Brennstoff-Zufuhrkanal 8 und der Brennstoff-Ringkanal 3 sind für Brennstoffe mit hohem Heizwert ausgelegt, etwa für eine Beaufschlagung mit Erdgas oder Heizöl.

[0037] Der Brennstoff-Ringkanal 3 ist konzentrisch umschlossen von einem Brenngaskanal 26, der auf einen hohen Volumenstrom an niederkalorischen Brenngas SG ausgelegt ist. Der Brenngaskanal 26 ist in Strömungsrichtung des Brenngases SG betrachtet stromabwärts teilweise konzentrisch umschlossen von einem Luftzufuhr-Ringkanal 2. In dem Luftzufuhr-Ringkanal 2 ist ein - schematisch dargestellter - Kranz von Drallschaufeln 5 eingebaut. Mindestens eine dieser Drallschaufeln 5 ist als Hohlschaufel 5a ausgebildet. Sie weist einen durch mehrere Öffnungen gebildeten Einlass 6 für eine Brennstoffzuführung eines hochkalorischen Brennstoffs auf. Der Brennstoff-Ringkanal 3 mündet in diese Hohlschaufel 5a. Stromabwärts vom Drallschaufelkranz 5 ist ein - schematisch dargestelltes - Verwirbelungselement 4 im Luftkanal 2 eingebaut. Der Brenngaskanal 26 und der Luftkanal 2 münden jeweils in einen gemeinsamen Mischbereich 27, wo das niederkalorische Brenngas SG mit der Verbrennungsluft 10 intensiv gemischt wird. Das Verwirbelungselement 4 in dem Luftkanal 2 sorgt für die Erzeugung von turbulenter Verbrennungsluft 10, so dass ein gutes Mischergebnis in dem Mischbereich 27 und somit ein schadstoffarmer Synthesegas-Betrieb des Brenners 1 erzielt ist. Besonders vorteilhaft für das Mischungsergebnis ist es wenn - wie in FIG 2 gezeigt - der Luftkanal 2 einen Mündungsbereich 28 unmittelbar strömungstechnisch angrenzend an den Mischbereich 27 aufweist, wobei das Verwirbelungselement 4 in dem Mündungsbereich angeordnet ist. Das Verwirbelungselement 4 ist dabei so ausgebildet, dass die erzeugbare turbulente Strömung der Verbrennungsluft 10 am Verwirbelungselement 4 im wesentlichen keine Gebiete zurückströmender Verbrennungsluft 10 aufweist. Damit wird erreicht, dass kein zündfähiges Brenngas-Luft-Gemisch zum Verwirbelungselement 4 nennenswert zurückströmen kann und damit keine Verbrennung am Verwirbelungselement 4 stabilisiert wird, die eine Beschädigung des Verwirbelungselements zur Folge haben könnte. Ein dauerhafter Betrieb des Brenners 1 mit Synthesegas SG bei geringer Stickoxidbildung ist somit erreicht.

[0038] Der Brenner 1 kann wahlweise auch über den Pilotbrenner 9 als Diffusionsbrenner betrieben werden, wobei ein hochkalorischer Brennstoff 11 eingesetzt wird. Häufig wird er aber auch als Vormischbrenner eingesetzt; d.h. hochkalorischer Brennstoff 11 und Verbrennungsluft 10 werden erst gemischt und dann der Verbrennung zugeführt. Dabei dient der Pilotbrenner 9 zur Aufrechterhaltung einer Pilotflamme, die die Verbrennung während des Vormischbrennerbetriebes bei einem eventuell wechselnden Brennstoff-Luftverhältnis stabili-

siert. Für die eigentliche Verbrennung werden Verbrennungsluft 10 und hochkalorischer Brennstoff 11, welcher über die Hohlschaufel dem Luftkanal 2 zugeführt wird im Luftkanal 2 gemischt und anschließend der Verbrennung zugeführt.

[0039] Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird dabei im Vormischbetrieb des Brenners 1 der Brennstoff 11 aus dem Brennstoffkanal 3 in eine Hohlschaufel 5a des Drallschaufelkranzes 5 eingeleitet und von dort über den Einlass 6 in die Verbrennungsluft 10 im Luftkanal 2 eingeleitet. Hingegen wird bei einem Synthesegas-Betrieb des Brenners 1 das niederkalorische Synthesegas SG mit der Verbrennungsluft 10 jeweils erst stromab in den Mischbereich 27 überführt und dort innig gemischt und in einer nicht näher dargestellten Verbrennungszone verbrannt.

[0040] Wie bereits erläutert, ist es wegen der großen Volumenströme an niederkalorischen Brenngas SG und damit der geometrischen Ausdehnung des Mischbereichs 27 bislang schwierig gewesen, eine zeitlich und räumlich homogene Mischung im Hinblick auf eine stickoxidarme Verbrennung zu gewährleisten. Mit dem Brenner 1 der Erfindung wird eine besonders homogene Mischung von Verbrennungsluft 10 und Brenngas SG erreicht. Dies wird durch das Verwirbelungselement 4 in dem Luftkanal erreicht, dass die Verbrennungsluft 10 unmittelbar stromauf des Mischbereichs 27 in eine turbulente Strömung überführt. Hierbei kommt es auf eine Turbulenzgraderhöhung im mikroskopischen Bereich an, d.h. große Wirbelbahnen mit stark ausgeprägten Nachlaufgebieten und insbesondere stromauf gerichtete Strömungskomponenten müssen vermieden werden, da ansonsten die Gefahr eines Flammenrückschlages in den Brenner 1 selbst bestünde. Diese Anforderung hat direkten Einfluss auf die konstruktive Ausgestaltung des Verwirbelungselements 4. Ein mögliches besonders vorteilhaftes Design ist in FIG 3 in einer Aufsicht auf ein Verwirbelungselement 4 gezeigt. Das Verwirbelungselement 4 muss dabei nicht zwangsläufig die gesamte Kanalhöhe des Luftkanals 2 einnehmen.

[0041] Mit dem in FIG 3 gezeigten Verwirbelungselement 4 wird eine räumlich und zeitlich besonders homogene Mischung von Verbrennungsluft 10 und Synthesegas SG erreicht. Gleichzeitig ist der durch das Verwirbelungselement 4 hervorgerufene Druckverlust sehr gering, wodurch der Wirkungsgrad des Synthesegas-Brenners 1 kaum beeinträchtigt wird.

[0042] Im folgenden soll die FIG 3, die eine Draufsicht auf ein Verwirbelungselement 4 zeigt sowie die FIG 4, die ein mit gleichen Bezugszeichen versehenes Verwirbelungselement 4 in einer Seitenansicht zeigt, näher diskutiert werden:

[0043] Von einem inneren Begrenzungsring 52 führen gleich verteilt über den Ringumfang eine Vielzahl von Stegen 54 zu einem äußeren Begrenzungsring 53. Der Mittelpunkt des äußeren Begrenzungsringes 53 liegt auf der Symmetrieachse 59 des inneren Begrenzungsringes 52 und die Stege 54 sind normal auf den inneren Be-

grenzungsring 52 gerichtet. Die Verbindungsfläche 56 stellt die Mantelfläche eines Kegelstumpfes zwischen inneren Begrenzungsring 52 und äußeren Begrenzungsring 53 dar. An jedem Steg 54 sind in das innere des Kegelstumpfes weisende, trapezförmige, ebene Auslenkelemente 51 angeordnet. Die breite Seite 51a jedes Auslenkelement 51 ist mit einem Steg 54 verbunden. Die Auslenkelemente sind entlang dreier, zur Symmetrieachse 59 konzentrischer Kreise 55a, 55b, 55c zueinander gleich beabstandet angeordnet. Die Auslenkelemente 51 sind gegen eine normale der Verbindungsachse 56 geneigt, wobei jeweils die Auslenkelemente 51 entlang eines Kreises 55a, 55b, 55c gleichsinnig, von einem Kreis 55a, 55b, 55c zu einem benachbarten Kreis 55a, 55b, 55c gegensinnig geneigt sind.

[0044] Eine Durchströmung des Verwirbelungselements 4 mit Verbrennungsluft 10, normal zur Verbindungsfläche 56 in das Innere des Kegelstumpfes hat zur Folge, dass sich an den Schmalseiten 51b der Auslenkelemente 51 Wirbel 57 bilden. Somit wird der Verbrennungsluft 10 eine Mikroturbulenz aufgeprägt, die sich in den Mischbereich 27 hinein fortsetzt. Die in den Mischbereich 27 einmündeten Volumenströme aus niederkalorischen Brenngas SG und turbulenter Verbrennungsluft 10 aus dem Luftkanal 2 werden durch diese Mikroturbulenzen in der Verbrennungsluft 10 besonders intensiv und homogen vermischt. Die Neigung der Auslenkelemente 51 prägt der Hauptströmung der Verbrennungsluft 10 zudem Sekundärströmungen 58 auf, die zusätzlich zur lokal guten Durchmischung aufgrund der Verwirbelung eine Homogenisierung des Brenngas-Luft-Gemisches über die gesamte Querschnittsfläche des Mischbereichs 27 (siehe FIG 2), begünstigen. Diese Ausgestaltung des Verwirbelungselements 4, welches im Synthesegasbetrieb ausschließlich auf die Luftströmung in den Luftkanal 2 Einfluss nimmt, hat gleichzeitig zur Folge, dass der durch die Verwirbelung hervorgerufene Druckverlust besonders gering ist.

[0045] Der Brenner 1 der Erfindung ist daher in besonderer Weise geeignet für den Betrieb in einer Kraftwerksanlage 24 mit integrierter Vergasung eines fossilen Brennstoffs zu einem Synthesegas SG, beispielsweise Kohlegas. Der Brenner 1 ist dabei in einer Brennkammer 16 einer Gasturbinenanlage 25 angeordnet.

Patentansprüche

1. Brenner (1) zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases (SG), mit einem sich entlang einer Brennerachse (12) erstreckenden Luftkanal (2) für die Zufuhr von Verbrennungsluft (10) und mit einem Brenngaskanal (26), der auf einen hohen Volumenstrom an niederkalorischem Brenngas (SG) ausgelegt ist, wobei der Brenngaskanal (26) und der Luftkanal (2) in einen Mischbereich (27) einmünden, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Luftkanal (2) ein Verwirbelungselement (4) zur Erzeugung von

- turbulenter Verbrennungsluft (10) vorgesehen ist.
2. Brenner (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Luftkanal (2) einen Mündungsbereich (28) unmittelbar strömungstechnisch angrenzend an den Mischbereich (27) aufweist, wobei das Verwirbelungselement (4) in dem Mündungsbereich (28) angeordnet ist.
 3. Brenner (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verwirbelungselement (4) so ausgebildet ist, dass die erzeugbare turbulente Strömung der Verbrennungsluft (10) am Verwirbelungselement (4) im wesentlichen keine Gebiete zurückströmender Verbrennungsluft (10) aufweist.
 4. Brenner (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der Luftkanal (2) als ein Ringkanal ausgebildet ist, der den Brenngas-kanal (26) konzentrisch umschließt.
 5. Brenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verwirbelungselement (4) aufweist
 - a) einen ersten Begrenzungsring (52) mit einer Symmetrieachse (59),
 - b) einen zweiten, größeren Begrenzungsring (53), dessen Mittelpunkt auf der Symmetrieachse (59) liegt,
 - c) eine Verbindungsfläche (56), die durch die beiden Begrenzungsringe (52, 53) aufgespannt ist, und
 - d) entlang auf der Verbindungsfläche (56) liegender Kreise (55a, 55b, 55c), deren jeweiliger Mittelpunkt auf der Symmetrieachse (59) liegt, eine Vielzahl von flächigen Auslenkelementen (51), die jeweils gegen eine Normale der Verbindungsfläche (56) geneigt sind.
 6. Brenner (1) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsfläche (56) des Verwirbelungselements (4) weniger als die Hälfte der durch den größeren Begrenzungsring (53) umschlossenen Kreisfläche beträgt.
 7. Brenner (1) nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die einem Kreis (55a, 55b, 55c) zugeordneten Auslenkelemente (51) des Verwirbelungselements (4) untereinander gleich beabstandet sind.
 8. Brenner (1) nach Anspruch 5, 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass sich jedes Auslenkelement (51) des Verwirbelungselements (4) aus der Verbindungsfläche (56) zu einer Abrisskante (51b) hin zur Erzeugung von Wirbeln verjüngt, wobei es insbesondere eine eta Trapez- oder Dreiecksform aufweist.
 9. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die einem Kreis (55a, 55b, 55c) zugeordneten Auslenkelemente (51) des Verwirbelungselements (4) gleichsinnig geneigt sind.
 10. Brenner (1) nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass auf einander benachbarten Kreisen (55a, 55b, 55c) des Verwirbelungselements (51) angeordnete Auslenkelemente (51) gegensinnig geneigt sind.
 11. Brenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts von dem Verwirbelungselement (2) Drallschaufeln (5) im Luftkanal (2) angeordnet sind.
 12. Brenner (1) nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Drallschaufeln (5) als Hohl-schaufel (5a) ausgebildet ist, aus dem ein hochkalorischer Brennstoff (11), insbesondere Erdgas, in den Luftkanal einlaßbar ist.
 13. Verfahren zum Betrieb eines Brenners (1), bei dem ein fossiler Brennstoff (B) vergast und vergaster fossiler Brennstoff als ein niederkalorisches Synthesegas (SG) dem Brenner (1) zugeführt, mit Verbrennungsluft (10) zu einem Synthesegas-Luft-Gemisch vermischt und in einem Brennraum (17) verbrannt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass unmittelbar vor der Mischung des Sythesegases (SG) mit der Verbrennungsluft (10) der Turbulenzgrad des Luftmassenstroms erhöht wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der Turbulenzgrad derart erhöht wird, dass eine räumliche und zeitliche Verbesserung der Mischungsgüte erzielt wird.
 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
gekennzeichnet durch eine Anwendung beim Betrieb eines Brenners einer Gasturbine (18).
 16. Verfahren nach Anspruch 15,
gekennzeichnet durch eine Anwendung beim Betrieb einer Kraftwerksanlage (24) mit integrierter Vergasung eines fossilen Brennstoffs (B) zu einem Synthesegas (SG), insbesondere Kohlegas.

FIG 1

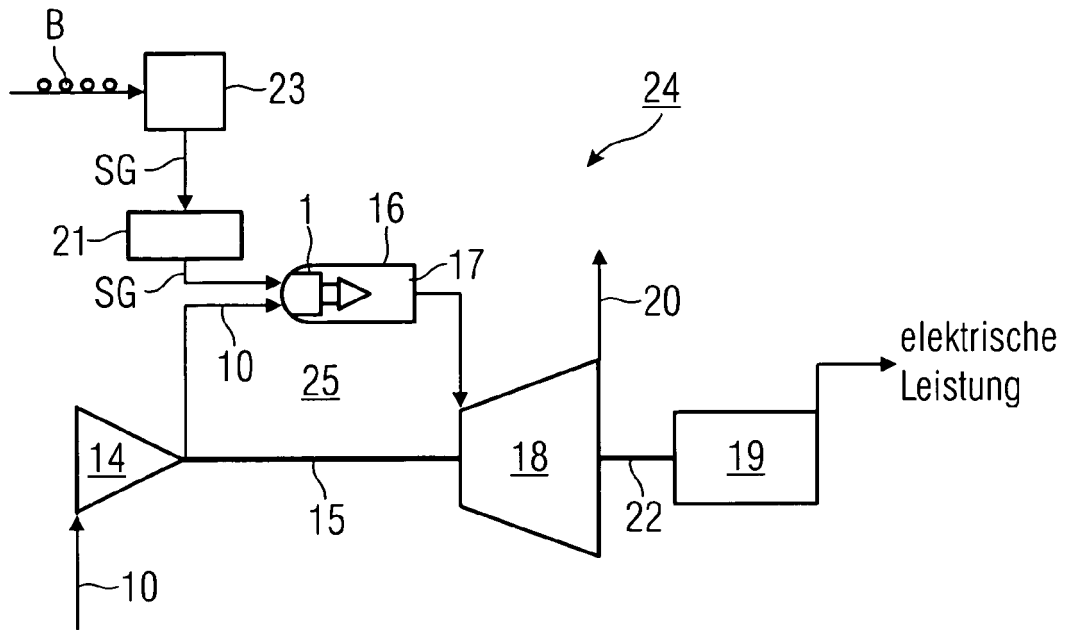


FIG 2

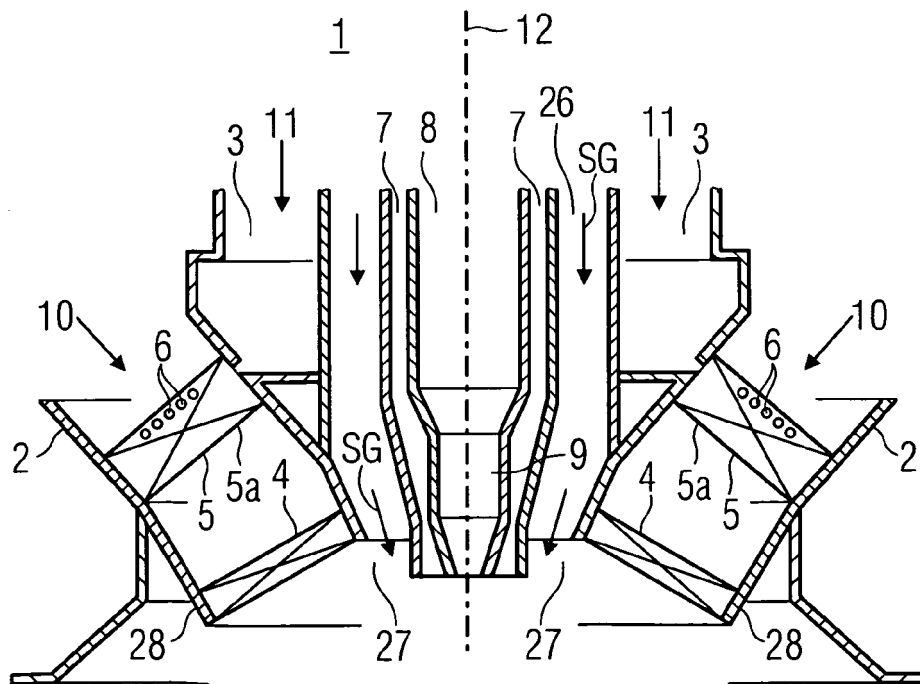


FIG 3

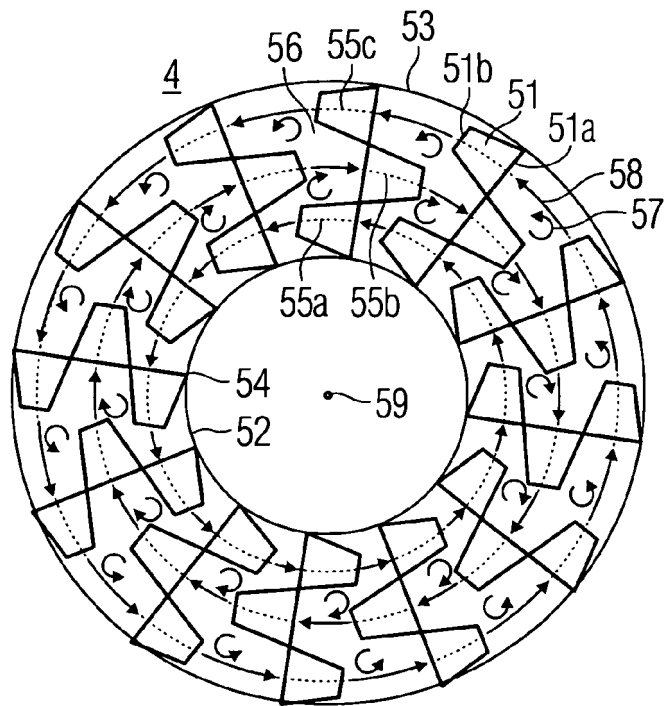
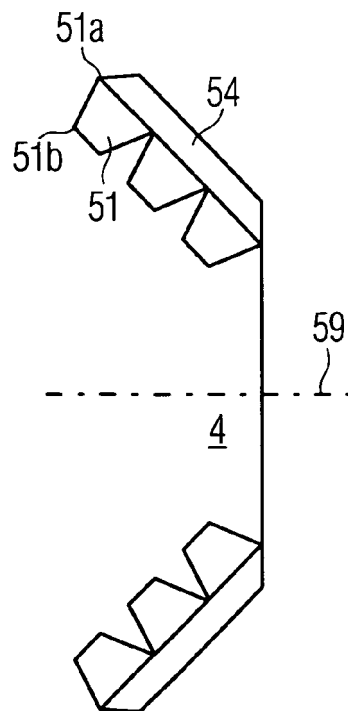


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 4186

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 6 148 603 A (ALTHAUS ET AL) 21. November 2000 (2000-11-21)	1-3, 13-15	F23R3/36 F23R3/14
Y	* Spalte 2, Zeile 52 - Zeile 67; Abbildungen 1,2,4,5 *	4-12,16	
Y	----- EP 0 956 475 B (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 17. November 1999 (1999-11-17) * Absatz [0009] - Absatz [0013]; Abbildungen 1-3 *	5-12	
Y	----- US 5 451 160 A (BECKER ET AL) 19. September 1995 (1995-09-19) * Spalte 4, Zeile 36 - Spalte 5, Zeile 27; Abbildungen 1,2 *	4	
D,Y	----- EP 1 277 920 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 22. Januar 2003 (2003-01-22) * Absatz [0029] * * Absatz [0056] *	16	
A	----- DE 44 09 918 A1 (ABB MANAGEMENT AG, BADEN, AARGAU, CH) 28. September 1995 (1995-09-28) * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 28; Abbildung 3 *	1,13	F23R F23C
A	----- US 4 833 878 A (SOOD ET AL) 30. Mai 1989 (1989-05-30) * Spalte 5, Zeile 28 - Zeile 56; Abbildung 1 *	1,13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. März 2005	Prüfer Mougey, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 4186

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-03-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6148603 A	21-11-2000	DE 19549140 A1	03-07-1997
		AU 1028697 A	28-07-1997
		DE 59609859 D1	12-12-2002
		EP 0870157 A1	14-10-1998
		JP 2000502771 T	07-03-2000
		WO 9724561 A1	10-07-1997
		CN 1206455 A ,C	27-01-1999
EP 0956475 B	17-11-1999	DE 59704739 D1	31-10-2001
		EP 0956475 A2	17-11-1999
		JP 2001507115 T	29-05-2001
		US 6189320 B1	20-02-2001
		WO 9828574 A2	02-07-1998
US 5451160 A	19-09-1995	DE 4212810 A1	29-10-1992
		WO 9219913 A1	12-11-1992
		DE 59204270 D1	14-12-1995
		EP 0580683 A1	02-02-1994
		JP 3133066 B2	05-02-2001
		JP 6506760 T	28-07-1994
		KR 234569 B1	15-12-1999
		RU 2079049 C1	10-05-1997
EP 1277920 A	22-01-2003	EP 1277920 A1	22-01-2003
		CA 2454278 A1	30-01-2003
		WO 03008768 A1	30-01-2003
		EP 1407120 A1	14-04-2004
		JP 2004535529 T	25-11-2004
		US 2004172951 A1	09-09-2004
DE 4409918 A1	28-09-1995	KEINE	
US 4833878 A	30-05-1989	US 4761948 A	09-08-1988
		AU 7857887 A	04-11-1988
		CA 1307120 C	08-09-1992
		DE 3781276 D1	24-09-1992
		DE 3781276 T2	01-04-1993
		EP 0309485 A1	05-04-1989
		HK 165395 A	03-11-1995
		JP 6081907 B	19-10-1994
		JP 3501146 T	14-03-1991
		SG 12094 G	13-01-1995
		WO 8808075 A1	20-10-1988

EPO FORM P0461

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