



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 096 201 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.05.2001 Patentblatt 2001/18

(51) Int Cl.7: **F23C 7/00**

(21) Anmeldenummer: **99121577.3**

(22) Anmeldetag: **29.10.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

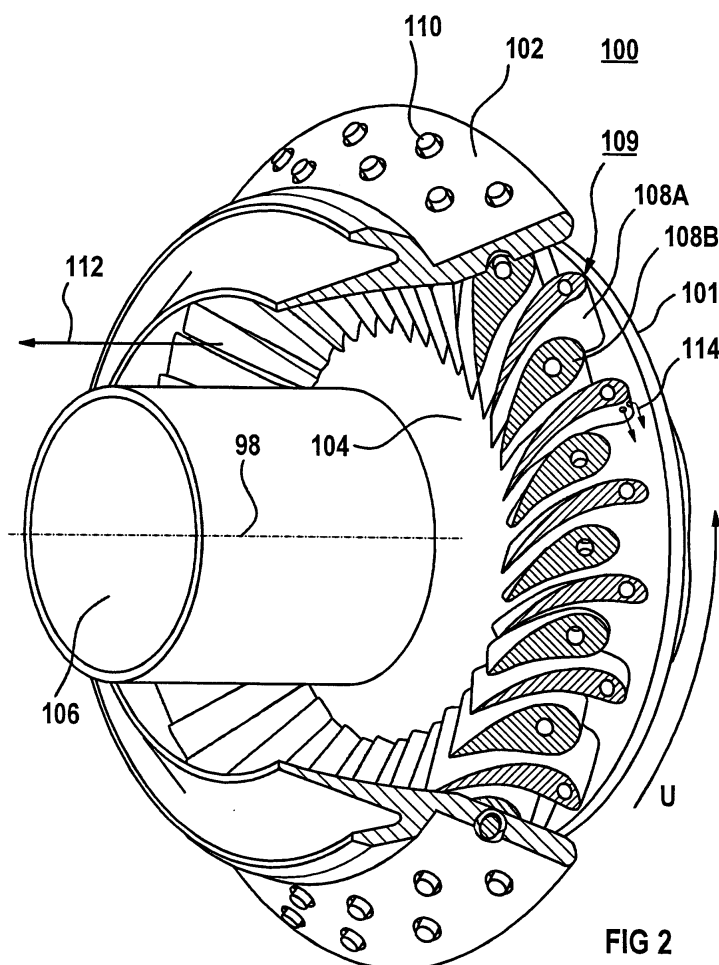
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hein, Olaf
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)**

(54) **Brenner**

(57) Die Erfindung betrifft einen Brenner (100) mit einem Verbrennungsluftkanal (104), in dem ein aus einer Anzahl von Drallerzeugerelementen (108) gebildeter Drallerzeuger (109) so angeordnet ist, daß durch den Drallerzeuger (109) die mittlere Durchtrittsgeschwindigkeit

von durch den Drallerzeuger (109) durchgeleiteter Verbrennungsluft (112) auf eine Machzahl von mindestens 0,4 erhöhbar ist. Hierdurch wird eine strömungsakustische Entkopplung des Brennbereiches vom Verbrennungsluftzufuhrbereich erreicht.



EP 1 096 201 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brenner mit einem Verbrennungsluftzufuhrkanal.

[0002] In dem Buch "Berechnung der Schallausbreitung in durchströmten Kanälen von Turbomaschinen unter besonderer Berücksichtigung der Auslegung von Drehtonschaltern" von Christian Faber, Verlag Shaker, Aachen 1993, ist im Abschnitt 3.4 dargestellt, wie Diskontinuitäten in Strömungskanälen die Ausbreitung von Schall in einem in diesen Strömungskanälen strömenden Fluid beeinflussen. Es werden Streu-, Reflexions- und Transmissionsfaktoren abgeleitet, mit denen berechnet werden kann, welcher Teil einer einfallenden Schallenergie die Diskontinuität passiert und welcher Teil reflektiert wird.

[0003] Die DE 44 30 697 C1 zeigt einen Zuluftschalldämpfer. Der Zuluftschalldämpfer besteht aus einer von einer undurchlässigen Wandung umschlossenen Strömungsleitung, die mit Unterschallgeschwindigkeit von einem gasförmigen Medium durchströmt ist. In der Strömungsleitung ist eine Einrichtung zur Unterdrückung von Luftschallemissionen angeordnet. Diese Einrichtung ist in Strömungsrichtung des Mediums vor einer schallabstrahlenden Geräuschquelle angeordnet und dient der Unterdrückung der Luftschallemissionen entgegen der Strömungsrichtung. Die Einrichtung weist eine lavaldüsenartige Verengung der Strömungsleitung auf. Durch diese lavaldüsenartige Verengung wird die Geschwindigkeit des gasförmigen Mediums auf Schallgeschwindigkeit beschleunigt. Damit wird eine Reflexionsbarriere für den Luftschall aufgebaut.

[0004] In Verbrennungssystemen kann es zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen kommen. Solche Verbrennungsschwingungen sind beschrieben in dem Artikel "Combustion-Driven-Oscillations in Industry" von Abbott A. Putnam, American Elsevier, New York 1971. Gemäß dem Rayleigh-Kriterium baut sich eine Verbrennungsschwingung bei einer periodischen Zufuhr von Wärme zu einer Luftmenge in einer Brennkammer auf, wenn diese Wärmezufuhr als periodische Leistungsfreisetzung der Verbrennung in Phase mit einer Eigenschwingung der Luft in der Brennkammer erfolgt. Entsprechend kann die Verbrennungsschwingung durch eine gegenphasige Leistungsfreisetzung unterdrückt werden. Solche Verbrennungsschwingungen können zu einer erheblichen Lärmbelastung und sogar zu einer mechanischen Beschädigung von Komponenten der Verbrennungsvorrichtung führen. In dem genannten Artikel wird auf Seite 4 unter dem Absatz "Pulsations in supply rate" ausgeführt, daß die Verbrennungsschwingung an eine Luft oder Brennstoffzufuhr gekoppelt sein kann. Zur Vermeidung der Ausbreitung der Pulsationen in den Zufuhrsystemen ist vorgeschlagen, einen großen Druckverlust in den Zufuhrsystemen herbeizuführen um damit eine Reflexionsbarriere aufzubauen. Es wird aber schon darauf hingewiesen, daß ein solcher Druckverlust in der Regel nicht hinnehmbar ist.

[0005] In dem Artikel "Maßnahmen zur Vermeidung von Verbrennungsschwingungen - Kennzahl zur strömungsakustischen Entkopplung am Brenner" von D. Schröder, Gaswärme International, Band 41, Heft 1, Januar 1992 wird ein strömungsakustisches Grenzwertkriterium zur Entkopplung eines Brennraumes von einem angekoppelten Leitungssystem entwickelt. Die Entkopplung geschieht durch einen Reflexionsbereich, der insbesondere am Brenner über eine Querschnittveränderung eines Zuleitungsrohres und ggf. zusätzlich durch eine an dieser Querschnittsverengung angeordnete Lochplatte erzeugt wird. Diese Maßnahmen haben allerdings den Nachteil eines erheblichen Druckverlustes für das dem Brenner zugeleitete Medium.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Brenners, bei dem eine Verbrennungszone, in die der Brenner mündet, von einer Zuleitung von Verbrennungsluft für den Brenner strömungsakustisch entkoppelt ist, wobei durch diese Entkopplung allenfalls ein vertretbarer zusätzlicher Druckverlust in der Verbrennungsluft entsteht.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch einen Brenner mit einem Verbrennungsluftkanal, in dem ein aus einer Anzahl von Drallerzeugerelementen gebildeter Drallerzeuger so angeordnet ist, daß durch den Drallerzeuger die mittlere Durchtrittsgeschwindigkeit von durch den Drallerzeuger durchgeleiteter Verbrennungsluft auf eine Machzahl von mindestens 0,4, insbesondere mindestens 0,6, erhöht wird.

[0008] Die mittlere Durchtrittsgeschwindigkeit ist hierbei die über einen Kanalquerschnitt des Verbrennungsluftkanals gemittelte Geschwindigkeit.

[0009] Drallerzeuger werden in einem Brenner häufig eingesetzt, um der in den Verbrennungsraum eintretenden Verbrennungsluft einen Drall zu erteilen, welcher die Verbrennungsflamme stabilisiert. Durch eine gleichzeitige Beschleunigung der Verbrennungsluft mittels der Drallerzeuger auf eine Machzahl von mindestens 0,4 wird über die Drallerzeuger eine Reflexionsbarriere für Schallwellen aufgebaut. Hierdurch wird die Ausbreitung von Verbrennungsschwingungen in das Zuleitungssystem für Verbrennungsluft abgeschwächt oder gar unterbunden. Über den Aufbau der Reflexionsbarriere mittels des Drallerzeugers kann dabei ein Druckverlust in der Verbrennungsluft klein gehalten werden. Die akustische Entkopplung wirkt sich somit allenfalls geringfügig negativ auf den Wirkungsgrad einer Verbrennungseinrichtung aus, in die der Brenner integriert ist.

[0010] Vorzugsweise ist im Verbrennungsluftkanal ein Drallschaukelkranz aus Drallschaukeln zur Erzeugung eines Dralles in der Verbrennungsluft angeordnet. Weiter bevorzugt ist der Drallerzeuger durch den Drallschaukelkranz gebildet. Statt also zusätzliche Drallerzeuger zur akustischen Entkopplung vorzusehen, wird ein ohnehin vorhandener Drallschaukelkranz als akustisch entkoppelnder Drallerzeuger ausgebildet. Durch die Ausbildung der Drallerzeugerelemente als Drall-

schaufel ergibt sich eine einfach umsetzbare Maßnahme, um den Druckverlust in der Verbrennungsluft klein zu halten. Auf eine Beschleunigung der Verbrennungsluft bei Eintritt in den Drallschaufelkranz aufgrund einer effektiven Querschnittsverengung folgt nämlich aufgrund der sich in Strömungsrichtung verjüngenden Schaufelprofile wiederum eine Erweiterung, durch die ein Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft bewirkt wird. Die Ausbildung des Drallerzeugers als Drallschaufelkranz hat somit sowohl den Vorteil, daß damit ein ohnehin benötigtes Mittel zur Erzeugung eines die Verbrennung stabilisierenden Dralles bereitgestellt wird, als auch ein sich günstig auf den Wirkungsgrad auswirkender Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft ermöglicht wird.

[0011] Bevorzugt weist der Drallschaufelkranz erste und zweite Schaufeln auf, die entlang der Umfangsrichtung des Drallschaufelkranzes wechselnd aufeinanderfolgen, wobei die zweiten Schaufeln entgegen einer Strömungsrichtung der Verbrennungsluft gegenüber den ersten Schaufeln versetzt sind. Vorzugsweise weisen dabei die ersten Schaufeln eine erste maximale Profildicke und die zweiten Schaufeln eine zweite maximale Profildicke auf, wobei die erste maximale Profildicke größer ist, als die zweite maximale Profildicke. Die ersten Schaufeln weisen eine erste Sehnenlänge und die zweiten Schaufeln eine zweite Sehnenlänge auf. Vorzugsweise ist dabei die erste Sehnenlänge kleiner als die zweite Sehnenlänge. Der Drallerzeuger ist somit gewissermaßen aus zwei Teilschaufelkränzen gebildet, die entlang der Strömungsrichtung versetzt ineinandergreifen. Dabei sind die Schaufeln eines der Teilkränze vorzugsweise länger und dünner als die Schaufeln des anderen Teilkränzes und zwar sind bevorzugt die Schaufeln jenes Teilkränzes länger und dünner, der in Strömungsrichtung vor dem anderen Teilkranz angeordnet ist. Durch diese Ausbildung können die beiden Funktionsweisen des Drallschaufelkranzes optimiert werden, d. h. sowohl die Funktion der Drallerzeugung als auch die Funktion der akustischen Entkopplung kann durch eine geeignete Dimensionierung und Abstimmung der Teilkränze aufeinander in ausreichendem Maße erfüllt werden. Zudem ergibt dieser Aufbau eine einfache Möglichkeit, einen Drallschaufelkranz in einem Brenner so nachzurüsten, daß er nachträglich die gewünschte akustische Entkopplung ermöglicht. Dazu muß einfach in den vorhandenen Drallschaufelkranz ein weiterer Drallschaufelkranz eingefügt werden. Dies geschieht durch Anordnung einer zusätzlichen Drallschaufel zwischen jeweils zwei bereits vorhandenen Drallschaufeln. Durch geeignete Dimensionierung der zusätzlichen Drallschaufeln wird die gewünschte Beschleunigung der Verbrennungsluft auf eine Machzahl oberhalb von 0,4, vorzugsweise oberhalb von 0,6, weiter bevorzugt oberhalb von 0,8, erreicht. Gleichzeitig wird der Profilverlauf der zusätzlichen Drallschaufeln so gestaltet, daß ein Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft bewirkt wird. Dies geschieht vorzugsweise

durch einen sich allmählich erweiternden Durchtrittsquerschnitt. Insbesondere ist diese allmähliche Erweiterung so auszugestalten, daß es nicht zu einem Strömungsabriß entlang der Drallschaufeln kommt.

[0012] Bevorzugt ist der Verbrennungsluftkanal ringförmig ausgebildet.

[0013] Bevorzugtermaßen ist in den Verbrennungsluftkanal Brennstoff einlaßbar, der sich dabei vor einer Verbrennung mit der Verbrennungsluft intensiv vermischt. Weiter bevorzugt ist der Brennstoff dabei aus zumindest einigen der Drallerzeugerelemente einlaßbar. Durch die intensive Vermischung des Brennstoffes mit der Verbrennungsluft vor der Verbrennung (Vormischbrenner), wird eine Reduktion von Stickoxidemissionen erreicht. Dies wird durch eine Vergleichmäßigung der Flammentemperatur aufgrund der guten Vermischung bewirkt, da die Stickoxidemission exponentiell mit der Flammentemperatur ansteigt. Als weiteren Vorteil der akustischen Entkopplung mittels des Drallerzeugers ergibt sich eine zusätzliche Vermischung von Brennstoff und Verbrennungsluft, da durch die ausgeprägte Beschleunigung der Verbrennungsluft und der anschließenden Zone eines Druckrückgewinnes zusätzliche Verwirbelungen in der Verbrennungsluft zu einer weiteren Verbesserung der Vermischung von Verbrennungsluft und Brennstoff führen. Gegebenenfalls kann der Drallerzeuger auch so dimensioniert werden, daß auf einen Teil des Druckrückgewinns verzichtet wird, zugunsten einer durch erhöhte Turbulenz verbesserten Durchmischung.

[0014] Vorzugsweise weist der Brenner einen zusätzlichen Pilotbrenner auf, durch den eine Verbrennung des aus dem Verbrennungsluftkanal austretenden Brennstoff-Verbrennungsluftgemisches stabilisiert wird. Arbeitet der Pilotbrenner dabei als Diffusionsbrenner, d. h. Brennstoff und Verbrennungsluft des Pilotbrenners werden erst am Ort der Verbrennung gemischt, so bezeichnet man den Brenner auch als Hybridbrenner, bei dem sowohl eine Vormischverbrennung als auch eine Diffusionsverbrennung erfolgt.

[0015] Vorzugsweise ist der Brenner als ein Gasturbinenbrenner ausgebildet. Gerade bei der hohen Leistungsumsetzung einer Gasturbine können Verbrennungsschwingungen mit sehr großen Amplituden und eventuell erheblichen Schädigungswirkungen auftreten. Die strömungsakustische Entkopplung zum Verbrennungsluftzuführsystem ist hier besonders wichtig. Dies gilt insbesondere für stationäre Gasturbinen.

[0016] Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

FIG 1 eine Gasturbine,

FIG 2 einen Brenner und

FIG 3 Drallschaufeln eines Drallschaufelkranzes.

[0017] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0018] FIG 1 zeigt in einem Längsschnitt eine Gasturbine 301. Entlang einer Turbinenachse 302 hintereinander angeordnet sind ein Verdichter 303, eine Brennkammer 305 und ein Turbinenteil 307. Die Brennkammer 305 mündet in den Brenner 100. Dieser umfaßt einen ringkanalförmigen Verbrennungsluftkanal 104 und einen zentralen, vom Verbrennungsluftkanal 104 umgebenen Pilotbrenner 106. Der Pilotbrenner 106 ist als ein Diffusionsbrenner ausgeführt, bei dem Brennstoff 114 und Verdichterluft 112 in einer Verbrennungszone 311 vermischt und verbrannt werden. In den Verbrennungsluftkanal 104 wird stromauf der Verbrennungszone 311 Brennstoff 114 der Verbrennungsluft 112 aus dem Verdichter 303 beigemischt. Die Verbrennungsluft 112 vermischt sich somit zunächst innig mit dem Brennstoff 114 bevor sie ebenfalls in der Verbrennungszone 311 innerhalb der Brennkammer 305 verbrennt. Diese sogenannte Vormischverbrennung wird durch die Diffusionsverbrennung des Pilotbrenners 106 stabilisiert. Bei der Verbrennung in der Brennkammer 305 wird heißes Abgas 315 erzeugt, welches dem Turbinenteil 307 zugeleitet wird. Durch eine nicht näher gezeigte Beschaufelung im Turbinenteil 307 wird die Energie der heißen Abgase 315 in Rotationsenergie einer nicht näher dargestellten Turbinenwelle umgesetzt.

[0019] Durch Fluktuationen der Verbrennungsflamme 313 kommt es zur Ausbreitung von Schallwellen innerhalb der Brennkammer 305, die von den Brennkammerwänden reflektiert werden und am Ort der Verbrennung 311 wiederum Fluktuationen der Flamme 313 hervorrufen. Durch diese Wechselwirkung kann sich bei bestimmten Frequenzen der Fluktuationen eine stabile Brennkammerschwingung in der Brennkammer 305 aufbauen, die zu einer erheblichen Lärmentwicklung oder sogar zur Schädigung von Bauteilen der Gasturbine 301 führen kann. Diese Verbrennungsschwingungen breiten sich auch durch den Verbrennungsluftkanal 104 aus. Durch den Verbrennungsluftkanal 104 wird somit ein zusätzliches Volumen an die Brennkammer 305 angekoppelt, durch welches die Ausbildung von Brennkammerschwingungen zusätzlich begünstigt werden kann. Zudem werden Bauteile stromaufwärts der Brennkammer 305 ebenfalls unter Umständen schädigenden Schwingungen ausgesetzt. Wünschenswert ist daher, den Verbrennungsluftkanal 104 strömungsakustisch von der Brennkammer 305 zu entkoppeln. Dazu muß eine Reflexionsbarriere für die Schallwellen aus der Brennkammer 305 aufgebaut werden. Eine einfache Querschnittsverengung oder die Verwendung eines Lochbleches oder dergleichen würde allerdings den Wirkungsgrad der Gasturbine 301 so erheblich beeinträchtigen, daß kein wirtschaftlicher Betrieb mehr möglich wäre. Eine einfache und vom Druckverlust her hinnehmbare Möglichkeit zur akustischen Entkopplung von Brennkammer 305 und Verbrennungsluftkanal 104 mittels eines Brenners 100 zeigt FIG 2.

[0020] FIG 2 zeigt teilweise aufgeschnitten und perspektivisch einen entlang einer Brennachse 98 gerichteten Brenner 100. Durch eine Innenwand 101 und eine Außenwand 102 ist ein ringkanalförmiger Verbrennungsluftkanal 104 gebildet. Dieser umschließt einen zentral angeordneten, nicht detailliert dargestellten Pilotbrenner 106. Im Verbrennungsluftkanal 104 ist ein als Drallschaufelkranz ausgeführter Drallerzeuger 109 angeordnet. Dieser wird aus als Drallschaufeln ausgeführten Drallerzeugerelementen 108 gebildet. Die Drallschaufeln 108 sind in ihrer Stellung durch Justierschrauben 110 in der Außenwand 102 justierbar. Der Drallschaufelkranz 109 wird dabei aus entlang seiner Umfangsrichtung U abwechselnd aufeinanderfolgenden, unterschiedlichen Drallschaufeln 108 gebildet. Auf jeweils eine erste Drallschaufel 108B folgt jeweils eine zweite Drallschaufel 108A. Die ersten Drallschaufeln 108B sind gegenüber den zweiten Drallschaufeln 108A versetzt und sowohl kürzer als auch dicker ausgebildet. Dies wird weiter unten näher anhand von FIG 3 erläutert. Aus einigen, bevorzugt allen Drallschaufeln 108 wird mittels eines im Inneren der Drallschaufel 108 verlaufenden, hier nicht sichtbaren Brennstoffkanal Brennstoff 114 über Öffnungen, insbesondere um die Schaufeleintrittskante herum, in den Verbrennungsluftkanal 104 eingelassen. Durch den Verbrennungsluftkanal 104 strömt Verbrennungsluft 112. Diese vermischt sich intensiv mit dem Brennstoff 114. Durch die Dimensionierung der Drallschaufeln 108 wird die Verbrennungsluft 112 auf eine Machzahl oberhalb von 0,4 beschleunigt. Dadurch wird eine Reflexionsbarriere für Schallwellen aufgebaut. Dies führt zu einer akustischen Entkopplung der Brennkammer 305, in die der Brenner 100 mündet und den stromauf des Drallerzeugers 109 gelegenen Teil des Verbrennungsluftkanals 104. Die Beschleunigung der Verbrennungsluft 112 wird durch eine Verengung des Durchtrittsquerschnittes für die Verbrennungsluft 112 erreicht. An diese Verengung schließt sich durch die Profilgestaltung der Drallschaufel 108 eine Erweiterung dieses Durchtrittsquerschnittes so an, daß möglichst kein Strömungsabriß für die Verbrennungsluft 112 erfolgt. Damit wird ein hoher Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft 112 sichergestellt, so daß es allenfalls zu geringen Wirkungsgradeinbußen kommt.

[0021] FIG 3 zeigt in einem Querschnitt drei der Drallschaufeln 108 und zwar zweite Drallschaufeln 108A und eine dazwischengelegene erste Drallschaufel 108B. Die erste Drallschaufel 108B weist einen Schaufelvorderkantenpunkt 200B, einen Schaufelhinterkantenpunkt 202B, eine Skelettlinie 204B, eine maximale Profildicke 206B und einen Justiereingriff 208B auf. Entsprechend weist jede zweite Drallschaufel 108A jeweils einen Schaufelvorderkantenpunkt 208A, einen Schaufelhinterkantenpunkt 202A, eine Skelettlinie 204A, eine maximale Profildicke 206A und einen Justiereingriff 208A auf. Verbrennungsluft 112 strömt entlang der Strömungsrichtung 210 zwischen der ersten Drallschaufel 108B und einer der zweiten Drallschaufeln 108A hindurch. Entlang dieser Strömungsrichtung 210 ist die erste Drallschaufel 108B gegenüber den zweiten Drall-

schaufeln 108A zurückversetzt, so daß sich ein Abstand L1 zwischen den Tangenten an die jeweiligen Schaufelvorderkantenpunkte 200B, 200A ergibt. Ein Durchtritts-
querschnitt F1 für die zwischen den Drallschaufeln 108 hindurchströmende Verbrennungsluft 112 verkleinert
sich bis auf eine maximale Verengung, die durch einen minimalen Abstand L4 zwischen der ersten Drallschau-
fel 108B und der zweiten Drallschaukel 108A gekenn-
zeichnet ist. Nach dieser maximalen Verengung vergrößert sich der Durchtrittsquerschnitt F2 wieder und zwar
so moderat, daß es nicht zu einem Strömungsabriß und damit zu Druckverlusten aufgrund von Wirbelbildung
kommt. Dadurch wird ein hoher Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft 112 sichergestellt. Zwischen den
Schaufelhinterkantenpunkten 202B, 202A tritt die Verbrennungsluft 112 wieder zwischen den zwei Schaufeln
108 aus. Die Schaufelhinterkantenpunkte 202B, 202A sind dabei durch den Abstand L3 voneinander beab-
standet. Die ersten Drallschaufeln 108B weisen sowohl eine größere maximale Profildicke 206B als auch eine
kürzere Profilsehne 204B auf verglichen mit den maximalen Profildicken 206A bzw. den Profilsehnungen 204A
der zweiten Drallschaufeln 108A. Diese alternierend wechselnde Schaufelgestaltung im Drallschaufelkranz
109 ermöglicht sowohl die Einstellung eines genügend hohen Dralles zur Stabilisierung einer Verbrennung als
auch denn gewünschten akustischen Entkopplungseffekt durch Beschleunigung der Verbrennungsluft 112
und anschließendem Druckrückgewinn.

[0022] Die zweiten Drallschaufeln 108A weisen in ihrem vorderen Bereich, d. h. entlang der Skelettlinie
204A vom Schaufelvorderkantenpunkt 200A im ersten Viertel Zufuhrkanäle 212 auf, durch die im Innern der
Drallschaufeln 108A geführter Brennstoff 114 in die Verbrennungsluft 112 auslaßbar ist. Dies führt zu einer be-
sonders guten Durchmischung von Verbrennungsluft 112 und Brennstoff 114 schon im Bereich des Draller-
zeugers 109. Zudem ist der Ort der Verbrennung vom Ort der Gemischbildung getrennt, da die entkoppelnde
Verengung stromab von in der Brennstoffzuführung liegt. Hierdurch wird die in der Regel häufig als Ursache
anzusehende, Fluktuationen hervorrufende, Brennstoffzufuhr von der Verbrennung akustisch entkoppelt.
Durch diese akustische Entkopplung der Ursache von Verbrennungsschwingungen kommt es zu einer beson-
ders effektiven Unterdrückung von Verbrennungsschwingungen. Vorzugsweise werden folgende Werte
für die Dimensionierung der Drallschaufeln 108 und ihrer Abstände eingestellt:

L1 = Abstand der Tangenten an die Schaufelvorderkantenpunkte 200B, 200A = 1 bis 5 cm,
L2 = Abstand zwischen den Schaufelvorderkantenpunkten 200B, 200A = 2 bis 8 cm,
L3 = Abstand der Schaufelhinterkantenpunkte 202B, 202A = 1 bis 5 cm,
L4 = minimaler Abstand der ersten Drallschaufeln 108B von den zweiten Drallschaufeln 108A = 0,3

bis 3 cm,
maximale Profildicke 206B der ersten Drallschaufeln 108B = 2 bis 6 cm,
Länge der Skelettlinie 204B der ersten Drallschaufel 108B = 5 bis 17 cm,
Maximale Profildicke 206A der zweiten Drallschaufel 108A = 0,5 bis 4 cm,
Skelettlinienlänge der Profilsehne 204A der zweiten Drallschaufel 108A = 8 bis 20 cm.

Patentansprüche

1. Brenner (100) mit einem Verbrennungsluftkanal (104), in dem ein aus einer Anzahl von Drallerzeu-
gerelementen (108) gebildeter Drallerzeuger (109) so angeordnet ist, daß durch den Drallerzeuger
(109) die mittlere Durchtrittsgeschwindigkeit von durch den Drallerzeuger (109) durchgeleiteter Ver-
brennungsluft (112) auf eine Machzahl von minde-
stens 0,4 erhöhbar ist.
2. Brenner (100) nach Anspruch 1, bei dem im Ver-
brennungsluftkanal (104) ein Drallschaufelkranz
(109) aus Drallschaufeln (108) zur Erzeugung eines
die Verbrennung stabilisierenden Dralles in der Ver-
brennungsluft (112) angeordnet ist.
3. Brenner (100) nach Anspruch 2, bei dem der Drall-
erzeuger (109) durch den Drallschaufelkranz (109)
gebildet ist, wobei die Drallerzeuerelemente (108)
durch die Drallschaufeln (108) gebildet sind.
4. Brenner (100) nach Anspruch 3, bei dem der Drall-
schaufelkranz (109) aus ersten Drallschaufeln
(108B) und aus zweiten Drallschaufeln (108A) ge-
bildet ist, die entlang der Umfangsrichtung (U) des
Drallschaufelkranzes (109) wechselnd aufeinander
folgen, wobei die zweiten Drallschaufeln (108A)
entgegen einer Strömungsrichtung (210) der Ver-
brennungsluft (112) gegenüber den ersten Drall-
schaufeln (108B) versetzt sind.
5. Brenner (100) nach Anspruch 4, bei dem die ersten
Drallschaufeln (108B) eine erste maximale Profil-
dicke (206B) und die zweiten Drallschaufeln (108A)
eine zweite maximale Profildicke (206A) aufweisen,
wobei die erste maximale Profildicke (206B) größer
ist, als die zweite maximale Profildicke (206A).
6. Brenner (100) nach Anspruch 4 oder 5, bei dem die
ersten Drallschaufeln (108B) eine erste Profilseh-
nenlänge (204B) und die zweiten Drallschaufeln
(108A) eine zweite Profilsehnenlänge (204A) auf-
weisen, wobei die erste Profilsehnenlänge (204B)
kleiner ist, als die zweite Profilsehnenlänge (204A).
7. Brenner (100) nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, bei dem die Erhöhung der Durchtrittsgeschwindigkeit durch eine Verengung eines freien Durchtrittsquerschnittes (F1) für die Verbrennungsluft (112) und ein anschließender Druckrückgewinn in der Verbrennungsluft (112) durch einen sich allmählich so erweiternden freien Durchtrittsquerschnitt (F2) bewirkt wird, daß die Verbrennungsluft (112) im wesentlichen frei von einem Strömungsabriß zwischen den Drallerzeuerelementen (108) strömt.

5

10

8. Brenner (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Verbrennungsluftkanal (104) ringförmig ausgebildet ist.

15

9. Brenner (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in den Verbrennungsluftkanal (104) Brennstoff (114) einlaßbar ist, der sich dabei vor einer Verbrennung mit der Verbrennungsluft (112) intensiv vermischt.

20

10. Brenner (100) nach Anspruch 9, bei dem der Brennstoff (114) aus zumindest einigen der Drallerzeuerelemente (108) einlaßbar ist.

25

11. Brenner (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der einen zusätzlichen Pilotbrenner (106) umfaßt, durch den eine Verbrennung des aus dem Verbrennungsluftkanal (104) austretenden Brennstoff/Verbrennungsluftgemisches stabilisierbar ist.

30

12. Brenner (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der als ein Gasturbinenbrenner (100) ausgebildet ist.

35

40

45

50

55

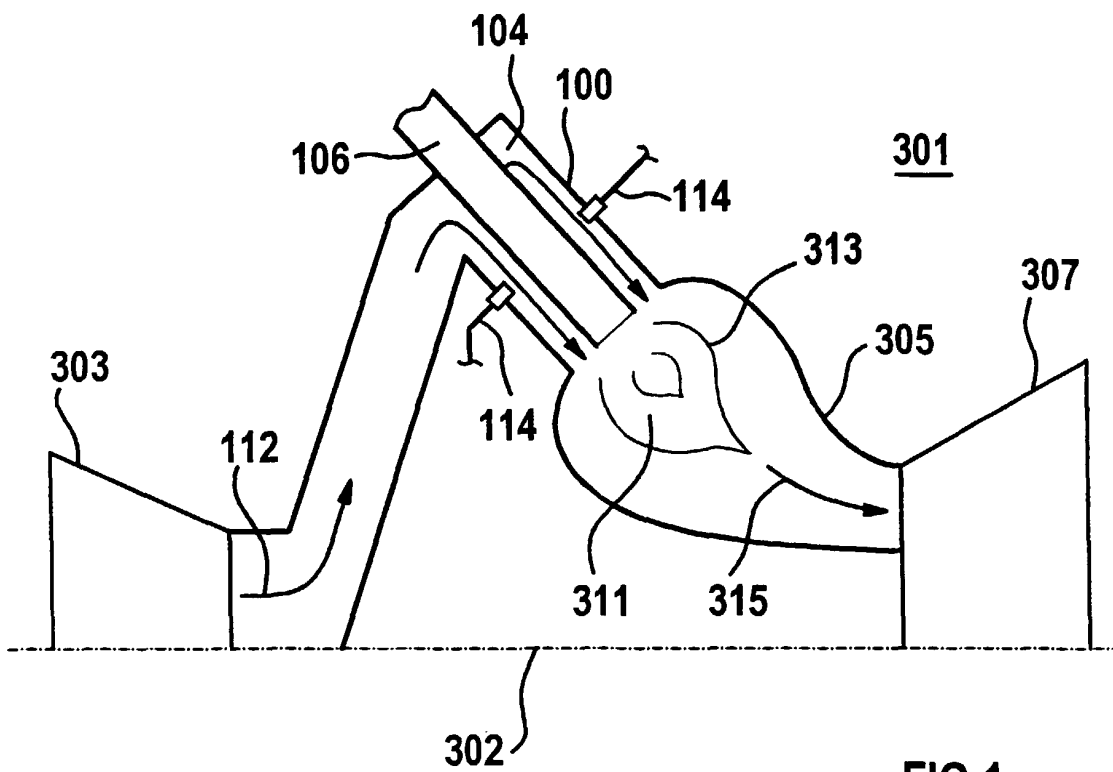
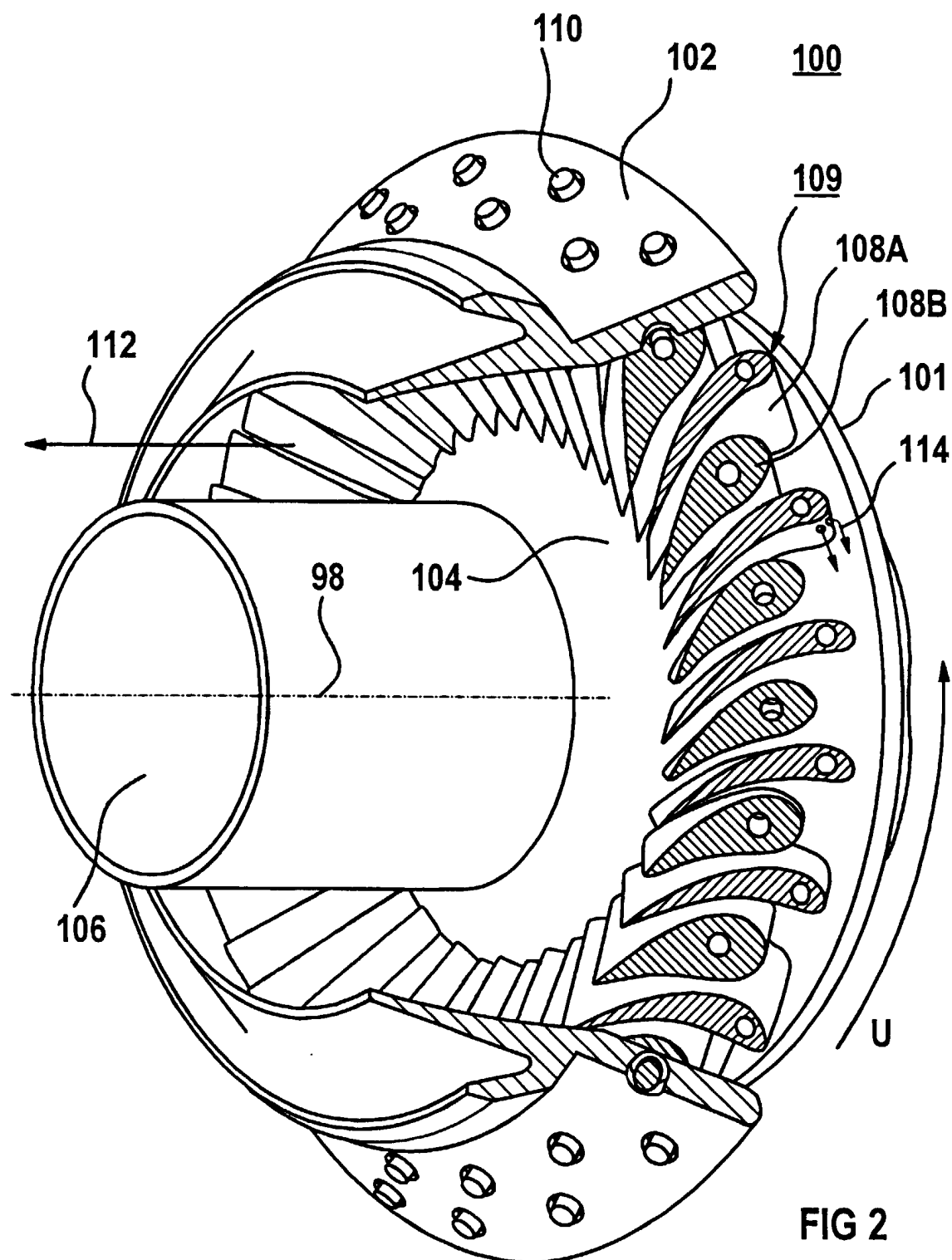


FIG 1



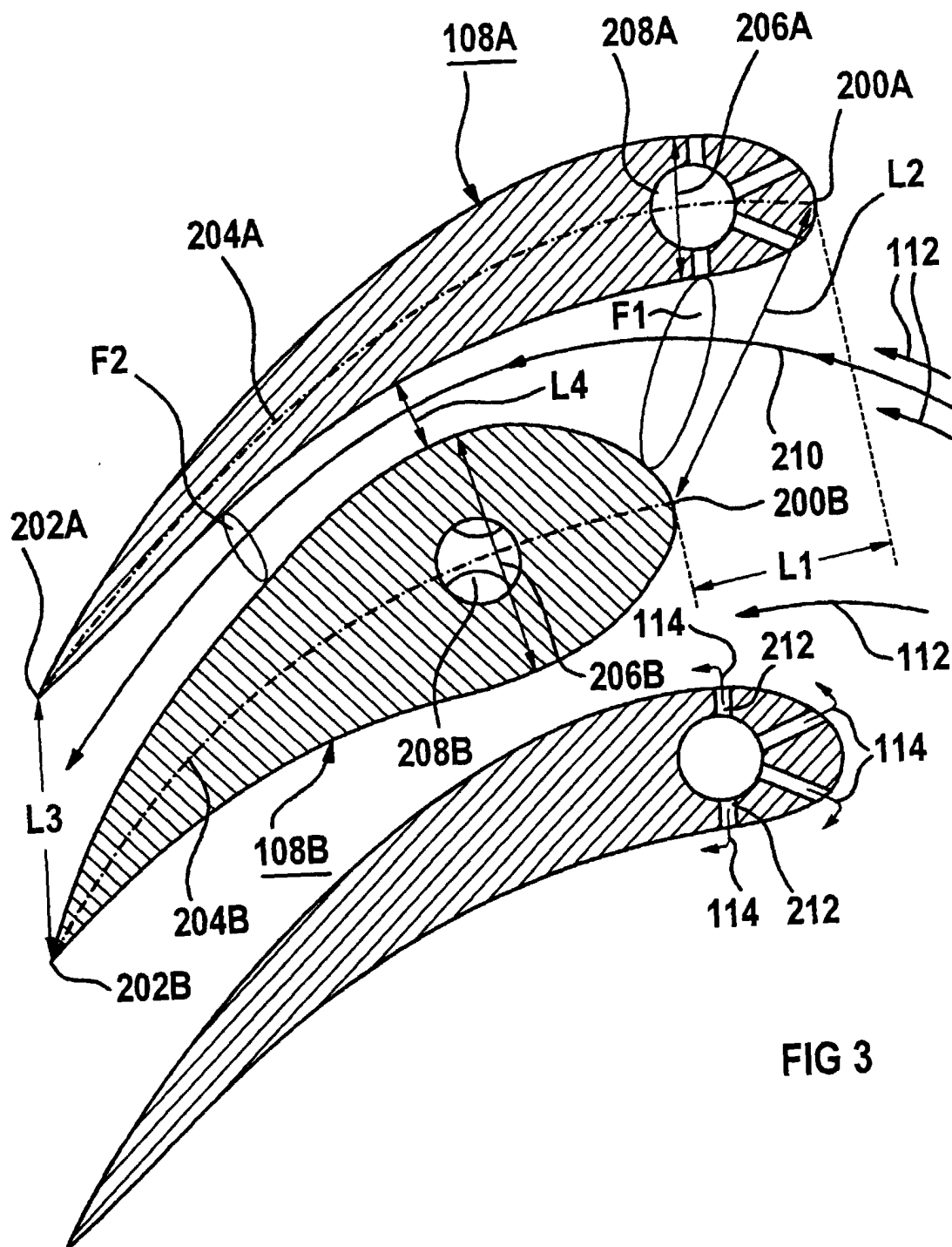


FIG 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 12 1577

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	US 5 927 076 A (PILLSBURY PAUL W) 27. Juli 1999 (1999-07-27) * Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 47; Abbildung 1 *	1,7,9, 11,12	F23C7/00
Y	US 5 558 515 A (ALTHAUS ROLF ET AL) 24. September 1996 (1996-09-24) * Spalte 6, Zeile 46 - Zeile 57 * * Spalte 6, Zeile 63 - Spalte 7, Zeile 15; Abbildungen 1,8,9 *	1,7,9, 11,12	
A	DE 38 36 446 A (PROIZV OB NEVSKIJ Z IM V I ;Z VTUZ PRI PROIZV OBEDINENII T (SU)) 3. Mai 1990 (1990-05-03) * das ganze Dokument *	1-3,7,8	
A	US 4 483 138 A (WILLIS JEFFREY D) 20. November 1984 (1984-11-20) * das ganze Dokument *	1-3	
A	US 5 451 160 A (BECKER BERNARD DR ING) 19. September 1995 (1995-09-19) * das ganze Dokument *	1-3,11, 12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	EP 0 122 526 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 24. Oktober 1984 (1984-10-24)		F23C F23M F23R
A	EP 0 572 202 A (GEN ELECTRIC) 1. Dezember 1993 (1993-12-01)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	25. Februar 2000	Coli, E	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.92 (P04003)

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

EP 99 12 1577

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 Daten des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-02-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5927076 A	27-07-1999	EP 0934490 A	11-08-1999
		JP 10132278 A	22-05-1998
		WO 9817951 A	30-04-1998
US 5558515 A	24-09-1996	DE 4411622 A	05-10-1995
		CN 1118858 A	20-03-1996
		DE 59505747 D	02-06-1999
		EP 0675322 A	04-10-1995
		JP 7280224 A	27-10-1995
DE 3836446 A	03-05-1990	KEINE	
US 4483138 A	20-11-1984	GB 2109532 A	02-06-1983
		DE 3239195 A	26-05-1983
		FR 2516169 A	13-05-1983
		JP 58107818 A	27-06-1983
US 5451160 A	19-09-1995	DE 4212810 A	29-10-1992
		WO 9219913 A	12-11-1992
		DE 59204270 D	14-12-1995
		EP 0580683 A	02-02-1994
		JP 6506760 T	28-07-1994
		RU 2079049 C	10-05-1997
EP 0122526 A	24-10-1984	JP 1821470 C	10-02-1994
		JP 5031050 B	11-05-1993
		JP 59197736 A	09-11-1984
		US 4761958 A	09-08-1988
EP 0572202 A	01-12-1993	US 5211004 A	18-05-1993
		CA 2093712 A	28-11-1993
		CN 1083899 A	16-03-1994
		DE 69308383 D	10-04-1997
		DE 69308383 T	23-10-1997
		JP 6034136 A	08-02-1994
		NO 931911 A	29-11-1993

EPO FORM P0461

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