

(19)



(11)

EP 1 832 717 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

12.09.2007 Patentblatt 2007/37

(51) Int Cl.:

F01D 11/08 (2006.01)**F01D 11/10** (2006.01)**F01D 5/14** (2006.01)**F01D 17/10** (2006.01)**F04D 27/02** (2006.01)**F04D 29/68** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **06004866.7**(22) Anmeldetag: **09.03.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

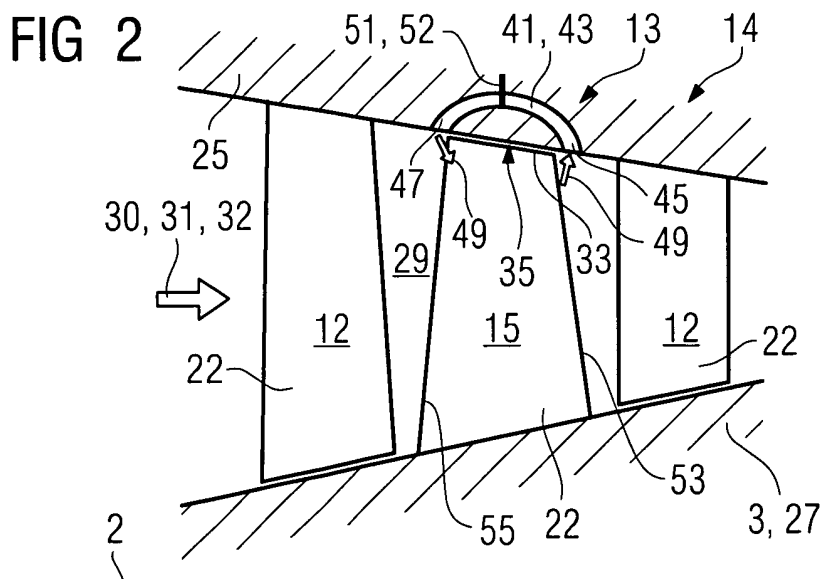
(72) Erfinder:

- Bayere, Romain
45138 Essen (DE)
- Blomeyer, Malte, Dr.
45472 Mülheim an der Ruhr (DE)
- Cornelius, Christian, Dr.
45549 Sprockhövel (DE)
- Matthias, Torsten
45468 Mülheim an der Ruhr (DE)
- Sieber, Uwe, Dr.
51059 Köln (DE)

(54) **Verfahren zum Beeinflussen der spaltnahen Strömung einer axial durchströmten Strömungsmaschine sowie ringförmiger Strömungskanal für eine in Axialrichtung von einem Hauptstrom durchströmbare Strömungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Strömungskanal 29 für eine in Axialrichtung von einem Hauptstrom 32 durchströmbare Strömungsmaschine, wobei der Strömungskanal 29 konzentrisch um einen in Axialrichtung verlaufende Mittelachse 2 angeordnet ist und der von einem im Querschnitt kreisförmigen Begrenzungswand 25, 27 begrenzt ist, wobei ein axialer Wandabschnitt der Begrenzungswand 25, 27, welcher ungefähr den Spitzen 33 von im Strömungskanal 29 strahlenförmig angeordneten profilierten Schaufelblättern 22 eines Schaufelkranzes 13, 14 jeweils unter Spaltbildung gegenüber-

liegt. Im Bereich des Wandabschnitts sind Rückströmbereiche 41 vorgesehen, durch die ein dem Hauptstrom 32 entnehmbarer Rückstrom ausgekoppelt und stromauf der Auskoppelposition wieder zuführbar ist. Um für unterschiedliche Betriebszustände des Verdichters 5 einen einstellbaren Rückstrom in der Begrenzungswand 25, 27 bereitzustellen, sind die Rückströmbereiche 41 mit Einstellorganen 51 ausgestattet. Ferner wird ein Verfahren zur Beeinflussung der spaltnahen Strömung angegeben, wodurch die Gefahr einer Strömungsablösung an den Schaufelblättern signifikant reduziert wird.

**EP 1 832 717 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beeinflussen der spaltnahen Strömung, wobei jeweils ein Spalt zwischen den Spitzen der Schaufelblätter eines Schaufelkranzes und einer den Spitzen gegenüberliegenden Begrenzungswand einer Strömungsmaschine vorgesehen ist, wobei aus einem die Strömungsmaschine durchströmenden Hauptstrom mindestens ein Teilstrom ausgekoppelt und stromauf seiner Entnahmeposition dem Hauptstrom wieder zugeführt wird. Ferner betrifft die Erfindung einen ringförmigen Strömungskanal für eine in Axialrichtung von einem Hauptstrom durchströmbare Strömungsmaschine, der konzentrisch um eine in Axialrichtung verlaufende Mittelachse angeordnet und der von einer im Querschnitt kreisförmigen Begrenzungswand begrenzt ist, wobei ein axialer Wandabschnitt der Begrenzungswand, welcher mindestens den Spitzen von im Strömungskanal strahlenförmig angeordneten profilierten Schaufelblättern eines Schaufelkranzes jeweils unter Spaltbildung gegenüberliegt, mehrere über den Umfang verteilte Rückstrombereiche aufweist, durch die jeweils ein dem Hauptstrom an einer Entnahmeposition auskoppelbarer Teilstrom an einer in Bezug dazu stromaufwärtigen Einspeiseposition in den Hauptstrom zurückführbar ist.

[0002] Gasturbinen und deren Funktionsweisen sind allgemein bekannt. Die von einem Verdichter der Gasturbine angesaugte Luft wird in diesem komprimiert und in einem Brenner danach mit Kraftstoff vermischt. Das anschließend in eine Brennkammer einströmende Gemisch verbrennt zu einem Heißgas, welches anschließend eine der Brennkammer nachgeschaltete Turbine durchströmt und währenddessen aufgrund seiner Entspannung den Rotor der Gasturbine in Rotation versetzt. Durch die Rotation des Rotors wird neben dem Verdichter auch ein am Rotor angekoppelter Generator angetrieben, der die bereitgestellte mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt.

[0003] Sowohl der Verdichter als auch die Turbine setzen sich jeweils aus mehreren nacheinander geschalteten Schaufelstufen zusammen, die jeweils zwei aufeinander folgende Kränze von Schaufeln umfassen. Eine Turbinenstufe setzt sich aus einem von drehfesten Leitschaufeln gebildeten Leitschaufelkranz und einem davon stromab angeordnetem Laufschaufelkranz zusammen, wogegen eine im Verdichter angeordnete Stufe sich aus einem Laufschaufelkranz und einem stromab davon angeordneten Leitschaufelkranz zusammensetzt; jeweils in Strömungsrichtung des durchströmenden Mediums betrachtet. Bei einer einwelligen Gasturbine sind alle Laufschaufeln am gemeinsamen Rotor fest montiert.

[0004] Die in Serien angeordneten, d.h. axial aufeinander folgenden Verdichterstufen fördern aufgrund der mit dem Rotor umlaufenden Laufschaufeln die angesaugte Luft vom Eingang des Verdichters in Richtung des Verdichterausgangs, wobei die Luft innerhalb jeder Stufe (oder Kranzes) einen inkrementalen Druckanstieg

erfährt. Der gesamte Druckanstieg über dem Verdichter ist die Summe aller inkrementalen Druckanstiege über jede Stufe (oder aller Kränze).

[0005] In bekannter Weise kann es beim Betrieb der Gasturbine, insbesondere bei dem Betrieb des Verdichters der Gasturbine, vorkommen, dass innerhalb des Verdichters ein Strömungsabriss an einem oder mehreren Schaufelblättern auftreten, bei dem die Strömung der Luft in Hauptströmungsrichtung durch einen Teil einer Verdichterstufe aufhört, da die vom Rotor an die Luft übertragene Energie nicht ausreicht, die Luft durch die Verdichterstufe zu fördern und das erforderliche Druckverhältnis der betreffenden Verdichterstufe herzustellen. Das Druckverhältnis ist die über die betreffende Stufe des Verdichters auftretende Druckerhöhung, bezogen auf den Eingangsdruck der jeweiligen Stufe. Wird dem Strömungsabriss nicht unmittelbar entgegen gewirkt, kann sein Fortschreiten dazu führen, dass die gesamte Luftströmung durch den Verdichter ihre Richtung umkehrt, was als Verdichter-Pumpen bekannt ist. Dieser besonders kritische Betriebszustand gefährdet die Beschaukelung und verhindert eine ausreichende Versorgung des Brennraums mit Verdichterluft, so dass ein gestörter Betrieb der Gasturbine diagnostiziert werden muss.

[0006] Hierzu ist aus der EP 0 719 907 A1, bei der dem beschriebenen Problem entgegengewirkt werden soll, eine strukturierte Begrenzungswand bekannt, welche den Spitzen der Laufschaufeln gegenüberliegt. Aufgrund der Strukturierung wird der Hauptströmung eine Teilströmung ausgekoppelt und stromauf der Entnahmeposition anschließend dem Hauptstrom wieder zugeführt. Diese Strukturierung des Gehäuses, das so genannte "Casing Treatment", dient zur positiven Beeinflussung der spaltnahen Strömung für die Situationen, in denen ein Strömungsabriss an einem Schaufelblatt droht. Durch diese Maßnahme tritt ein Strömungsabriss - verglichen mit einem Strömungskanal ohne Casing Treatment - erst verzögert auf.

[0007] Eine ähnliche Vorrichtung und ein ähnliches Verfahren sind aus der EP 1 286 022 A1 bekannt.

[0008] Bei beiden bekannten Ausführungsformen ist es jedoch nachteilig, dass für alle Betriebszustände der Gasturbine bzw. des Verdichters eine Beeinflussung der spaltnahen Strömung erfolgt, obwohl diese nur für einen solchen Betriebszustand sinnvoll ist, bei dem ein Strömungsabriss oder ein Verdichter-Pumpen droht. Beim stationären Betriebszustand droht in der Regel kein Strömungsabriss im Verdichter, so dass die durch das Casing Treatment erzielte Wirkung dann zu Verlusten in der Hauptströmung und somit zu verringertem Wirkungsgrad des Verdichters bzw. der Gasturbine führen kann.

[0009] Benötigt wird daher ein Verfahren zum Beeinflussen der spaltnahen Strömung und ein ringförmiger Strömungskanal, der die Vorteile des Standes der Technik liefert und dennoch die Probleme verringert, wenn nicht sogar eliminiert, die mit der Verwendung des Casing Treatments während des stationären Betriebs-

zustandes hervorgerufen werden.

[0010] Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Beeinflussen der spaltnahen Strömung sowie ein dafür geeigneter ringförmiger Strömungskanal für eine axial durchströmte Strömungsmaschine bereitgestellt, wobei der Massenstrom des ausgekoppelten Teilstroms mittels eines Einstellorgans eingestellt wird. Hierzu weist die erfindungsgemäße Vorrichtung in mindestens einem der Rückstrombereiche ein Einstellorgan zur Einstellung des Massenstromes des ausgekoppelten Teilstroms auf. Somit liegt der wesentliche Unterschied zu den bereits bekannten Lösungen darin, dass das Auskoppeln und das davon stromaufwärtige Wiederaufführen des Teilstroms, das so genannte Überströmen, lediglich bei einem solchen Betriebszustand durchgeführt wird, welcher nahe an der Stabilitätsgrenze des Verdichters, der betreffenden Verdichterstufe oder nahe am maximalen Druckverhältnis des Schaufelkranzes liegt. Somit wird ein Überströmen lediglich im kritischen Betriebsbereich erlaubt. Für den Fall, dass keine Störung in Form eines Strömungsabrisses oder eines Verdichter-Pumpens droht, können praktisch alle negativen Auswirkungen des dann unnötigen Überströmens vermieden werden.

[0011] Der Verdichter bzw. die Verdichterstufe oder der Schaufelkranz wird dann im stationären Betriebszustand betrieben, was eine kontinuierliche, zuverlässige sowie effiziente Förderung des zu verdichtenden Mediums in stromabwärtiger Richtung ermöglicht.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Der aus dem Hauptstrom ausgekoppelte Teilstrom wird im Bereich der Abströmkanten der Schaufeln des Schaufelkranzes entnommen. Vorzugsweise liegt die Einstromöffnung zum Auskoppeln des Teilstroms in den Rückströmbereich vollständig oder teilweise stromab der Abströmkante des gegenüberliegenden Schaufelblattes, da der den Teilstrom treibende Druck der Hauptströmung an dieser Stelle vergleichsweise konstant ist. Dies führt zu einem besonders kontinuierlichen Teilstrom, was die spalt- bzw. wandnahe Strömung besonders positiv beeinflusst.

[0014] Bei den bekannten Casing Treatments wurde der Teilstrom häufig stromauf der Abströmkante entnommen, da die dauerhafte Entnahme des Teilstroms vom höchsten Druckniveau, d.h. stromab der Abströmkante, mit dauerhaften Leistungseinbußen als nicht vertretbar erschien. Aufgrund des nun einstellbaren Massenstroms des Teilstroms ist auch ein von einem höheren Druck getriebener Massenstrom, welcher nur kurzfristig bei nahender Gefahr von Strömungsablösungen strömt, vertretbar. Es ist aber auch denkbar, dass die Entnahme des Teilsstroms bzw. der Teilströme stromauf der Abströmkante, wie beim Stand der Technik, vorgesehen ist.

[0015] Um eine besonders effiziente Beeinflussung der spaltnahen Strömung zu erzielen, wird der begrenzungsrandseitige entnommene Teilstrom im Bereich der Anströmkanten der Schaufeln des Schaufelkranzes dem Hauptstrom zugeführt. Vorzugsweise liegt die Aus-

strömöffnung des Teilstroms vollständig oder teilweise unmittelbar stromauf der Anströmkante des gegenüberliegenden Schaufelblattes. Hierdurch ergeben sich im Bereich der Anströmkanten der Schaufeln lokal verbesserte Anströmungsbedingungen, wodurch das zu überwindende Druckverhältnis in diesem Bereich, also an den Spitzen der Schaufeln, geringfügig abgesenkt wird, so dass ein Abreißen der Strömung im Schaufelspitzenbereich wirksam vermieden werden kann.

[0016] Besonders vorteilhaft ist das Verfahren, bei dem der Massenstrom des Teilstromes gesteuert oder geregelt wird. Somit kann während des Betriebes der Strömungsmaschine der gewünschte bzw. erforderliche Massenstrom eingestellt werden. Entweder werden alle Schaufeln der Stufe und/oder des Schaufelkranzes im optimalen Betriebsbereich ohne Überströmen betrieben, d.h. es fließt kein Teilstrom, oder, bei erhöhter Wahrscheinlichkeit eines Strömungsabrisses oder Verdichter-Pumpen, es kann die spaltnahe Strömung mittels eines fließenden Teilstroms, mit Überströmen also, positiv beeinflusst werden. Wirkungsgradverluste aufgrund einer Betriebsweise, bei dem ein Strömungsabriss oder Verdichter-Pumpen nicht zu erwarten ist, treten aufgrund des dann nicht fließenden Teilstromes nicht auf.

[0017] Außerdem führt das Zuschalten des Teilstroms zu einem Impuls in der Anströmung des Schaufelblattes, was dem drohenden Strömungsabriss ebenso vorteilhaft entgegen wirkt.

[0018] In einer Weiterbildung des Verfahrens erfolgt die Einstellung bzw. Regelung des Massenstromes des Teilstromes in Abhängigkeit des tatsächlich auftretenden Druckverhältnisses des Schaufelkranzes, welches Druckverhältnis den abströmkantenseitigen Druck des Hauptstroms in Bezug auf den anströmkantenseitigen Druck angibt. Die Regelung erfolgt derart, dass, wenn das tatsächlich auftretende Druckverhältnis unterhalb eines vorab bestimmten Grenzdruckverhältnisses liegt, das Strömen eines Teilstromes verhindert wird. Erst wenn das tatsächlich auftretende Druckverhältnis oberhalb des Grenzdruckverhältnisses liegt, strömt ein Teilstrom. Die Regelung kann sogar derart erfolgen, dass bei geringer werdendem Abstand zwischen tatsächlich auftretendem Druckverhältnis und Grenzdruckverhältnis der Massenstrom des Teilstroms linear oder auch nicht linear vergrößert wird. Üblicherweise ist das Grenzdruckverhältnis dem maximalen, über den Schaufeln des Schaufelkranzes aufbauenden Druckverhältnis bestmöglich angenähert oder entspricht diesem.

[0019] Der als Verdichter-Pumpen bekannte Zustand und Strömungsabriss lassen sich insbesondere dann vermeiden, wenn das Grenzdruckverhältnis immer oberhalb des momentanen Betriebsdruckverhältnisses liegt.

[0020] Die auf das Verfahren gerichteten Vorteile sind sinnentsprechend auf die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragbar.

[0021] Dabei ist es von besonderem Vorteil, wenn jeder Rückstrombereich ein Einstellorgan aufweist, so dass gleichmäßig über den Umfang des ringförmigen

Strömungskanal eine gleichmäßige Beeinflussung der spalt- und wandnahen Strömung für jeden Rückströmbereich eingestellt werden kann.

[0022] Vorteilhafterweise sind die Rückstrombereiche jeweils als ein Rückstromkanal ausgebildet, der im Inneren der Begrenzungswand in Axialrichtung verläuft. Der im Wandabschnitt angeordnete Rückstromkanal weist dann eine Einströmöffnung für den Teilstrom auf, deren axiale Position teilweise oder vorzugsweise vollständig stromab der Abströmkannte des gegenüberliegenden Schaufelblattes liegt. Die Ausströmöffnung des im Wandabschnitt angeordneten Rückstromkanals liegt dann im Bereich der Anströmkannte des Schaufelprofils, also teilweise oder vorzugsweise vollständig stromauf davon.

[0023] Wenn eine oder beide Öffnungen außerhalb des von der Spitze des Schaufelblattes überstrichenen axialen Bereiches der Begrenzungswand liegen, kann ein in seiner Größe kontinuierlicher Teilstrom für jeden derartig ausgebildeten Rückstrombereich erzielt werden. Würden die Öffnungen in dem axialen Anschnitt der Begrenzungswand liegen, an dem die Schaufelblätter vorbeilaufen, so würde ggf. eingangsseitig und/oder ausgangsseitig ein stark periodisches Druckfeld aufgrund der vorbeilaufenden Schaufeln den Massenstrom des Teilstroms negativ beeinflussen.

[0024] In einer Weiterbildung des Strömungskanal ist das Einstellorgan oder jedes Einstellorgan, wobei dieses als Schieber, Drossel oder Ventil ausgebildet sein kann, mit einer Steuerungs- oder einer Regeleinrichtung zur Einstellung des Massenstroms verbunden, um diesen vorzugsweise in Abhängigkeit eines den betreffenden Schaufelkranz austrittsseitigen Druckes einzustellen. Hierzu weist der Strömungskanal eine den - bezogen auf die Schaufel - abströmseitigen Druck der Hauptströmung erfassende Messeinrichtung auf, welche mit dem Einstellorgan über die Steuerungs- oder Regeleinrichtung in Verbindung steht. Durch eine derartige Vorrichtung ist eine Einstellung des Massenstroms des zurückgeführten Teilstroms möglich, welcher für jeden beim Betrieb auftretende Lastfall optimal eingestellt werden kann, so dass sowohl die Gefahr eines Strömungsabrisses bzw. von Verdichter-Pumpen verringert werden kann, oder, falls dies nicht erforderlich ist, die Schaufeln in aerodynamisch optimalen Strömungsverhältnissen betrieben werden können.

[0025] Die vorangegangenen und anderen Merkmale sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung einer Ausführungsform deutlicher. Es zeigt:

FIG 1 eine Gasturbine in einem Längsteilschnitt,

FIG 2 einen Ausschnitt aus einem Eingangsbereich des Verdichters der Gasturbine gemäß FIG 1 mit einer Verdichterstufe,

FIG 3 die Schnittansicht III des Ausschnitts gemäß

FIG 2 mit einer unterhalb der Rückströmbereiche angeordneten Schaufel und

FIG 4 einen Ausschnitt gemäß FIG 2 mit einer alternativen Ausgestaltung eines im Rückströmbereich angeordneten Einstellorgans.

[0026] FIG 1 zeigt eine Gasturbine 1 in einem Längsteilschnitt. Sie weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 2 drehgelagerten Rotor 3 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 3 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 4, ein Verdichter 5, eine torusartige Ringbrennkammer 6 mit mehreren rotations-symmetrisch zueinander angeordneten Brennern 7, eine Turbineneinheit 8 und ein Abgasgehäuse 9. Die Ringbrennkammer 6 bildet einen Verbrennungsraum 17, der mit einem ringförmigen Heißgaskanal 18 kommuniziert. Dort bilden vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 10 die Turbineneinheit 8. Jede Turbinenstufe 10 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines in der Ringbrennkammer 6 erzeugten Heißgases 11 gesehen, folgt im Heißgaskanal 18 jeweils einer Leitschaufelreihe 13 eine aus Laufschaufeln 15 gebildete Reihe 14. Die Leitschaufeln 12 sind am Stator befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 15 einer Reihe 14 jeweils mittels einer Turbinenscheibe 19 am Rotor 3 angebracht sind. An dem Rotor 3 ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt) angekoppelt.

[0027] FIG 2 zeigt in einem Querschnitt den eingangsseitigen Abschnitt des Verdichters 5. Zwischen einer äußeren Begrenzungswand 25 und einer inneren Begrenzungswand 27 ist ein im Querschnitt ringförmiger, die Rotationsachse 2 konzentrisch umgreifender Strömungskanal 29 vorgesehen, durch den das vom Verdichter 5 angesaugte Medium 30 in einer Hauptströmungsrichtung, welche mit dem Bezugszeichen 31 angegeben ist, gepresst wird. Die Hauptströmungsrichtung 21 fällt mit der Axialrichtung zusammen. Die am Rotor 3 angeordnete innere Begrenzungswand 27 wird von den Plattformen der am Rotor befestigten in einem Kranz 13 angeordneten Laufschaufeln 15 gebildet. Jede Laufschaufel 15 weist ein aerodynamisch optimiertes profiliertes Schaufelblatt 22 auf, deren Spitzen 33 jeweils einen Spalt 35 bildend der äußeren Begrenzungswand 25 gegenüber liegen. Bezogen auf die Hauptströmungsrichtung 31 ist stromaufwärts des Laufschaufelkranzes 13 eine an der äußeren gehäuseseitigen Begrenzungswand 25 befestigte Leitschaufel 12 des Leitschaufelkranzes 14 gezeigt. Anstelle dieser Leitschaufel 12 kann an dieser Stelle auch eine bezogen auf die Rotationsachse 2 des Rotors 3 um die Radialrichtung verdrehbare Einlassleitschaufel vorgesehen sein.

[0028] Im Strömungskanal 29 ist stromabwärts der Laufschaufel 15 ebenfalls eine Leitschaufel 12 des Schaufelkranzes 14 gezeigt, die ebenfalls am Gehäuse bzw. an der äußeren Begrenzungswand 25 befestigt ist. Diese beiden Schaufelkränze 13, 14 bilden eine Verdichterstufe. Jede Leitschaufel 12 schließt mit ihrem dem Ro-

tor 3 gegenüberliegenden Ende ebenfalls mit der Begrenzungswand 27 einen Spalt ein. An der Begrenzungswand 27 kann auch ein Casing Treatment vorgesehen sein.

[0029] Als Casing Treatment zur Beeinflussung der spaltnahen Strömung sind in der äußeren Begrenzungswand 25 mehrere über den Umfang verteilte Rückströmkanäle 41 als Rückstrombereiche 43 vorgesehen. Jeder Rückströmkanal 41 weist an einer Entnahmeposition 45 eine Einströmöffnung zum Auskoppeln einer Teilströmung 49 aus der Hauptströmung 32 auf. Jeder Rückströmkanal 41 mündet in einer - stets bezogen auf die Hauptströmungsrichtung 31 - stromaufwärts der Einströmöffnung gelegenen Ausströmöffnung an einer Einspeiseposition 47.

[0030] Durch jeden Rückströmkanal 41 ist ein Teilstrom 49 strömbar, welcher der im Strömungskanal 29 fließenden Hauptströmung 32, beispielsweise Luft, auskoppelbar und diesem stromauf der Entnahmeposition 45 wieder zurückführbar ist.

[0031] Erfindungsgemäß ist in mindestens einem der Rückstrombereiche 43 oder in mindestens einem der Rückstromkanäle 41 ein Einstellorgan 51 zur Einstellung des den Rückstrombereich 43 durchströmenden Teilstroms 49 vorgesehen. Das Einstellorgan 51 kann als Schieber 52, Drossel oder Ventil (FIG 4) ausgebildet sein und mit einer Steuerungs- bzw. Regeleinrichtung in Verbindung stehen, damit diese zur Einstellung des Massenstroms des Teilstroms 49 auf das Einstellorgan 51 einwirken kann.

[0032] Die Entnahmeposition 45 für den auskoppelbaren Teilstrom 49 liegt axial gesehen in dem Wandabschnitt der Begrenzungswand 25, welcher der Abströmkannte 53 des gegenüberliegenden profilierten Schaufelblattes 22 stromabwärts folgt, bezogen auf das in Hauptströmungsrichtung 31 den ringförmigen Strömungskanal 29 durchströmende Medium 30. Demnach ist unter dem Wandabschnitt auch der unmittelbar und etwas weiter stromab der Abströmkannte 53 liegende Bereich der Begrenzungswand 25 zu verstehen. Die axiale Einspeiseposition 47 des Rückstrombereiches 43, d.h. die Mündung des Rückstromkanals 41, liegt im Bereich der Anströmkannte 55 der dem Wandabschnitt gegenüberliegenden Schaufelblätter 22, vorzugsweise vollständig unmittelbar stromauf davon. Folglich ist unter diesem Bereich auch der axiale Wandabschnitt der Begrenzungswand 25 zu verstehen, der unmittelbar stromauf der Anströmkannten 55 des Schaufelblattes 22 liegt.

[0033] FIG 3 zeigt abstrahiert eine Draufsicht (in Radialrichtung) auf die Spitze 33 einer Laufschaufel 15, bei der die in der äußeren Begrenzungswand 25 über den Umfang gleichmäßig verteilten Rückstrombereiche 43 als Rückströmkanäle 41 zu sehen sind. Die Begrenzungswand 25 selber ist hier ausgeblendet.

[0034] Das Schaufelblatt 22 wird dabei von einem in Hauptströmungsrichtung 31 strömenden Medium 30 zuerst an seiner Anströmkannte 55 angeströmt. Die mit der Umfangsrichtung zusammenfallende Rotationsrichtung

der mit dem Rotor 3 rotierenden Laufschaufel 15 ist durch den Pfeil U gekennzeichnet.

[0035] Zur Einstellung des durch die Rückströmkanäle 41 entgegen der Hauptströmungsrichtung 31 zurückströmenden Teilstroms 49 ist in diesen ein gemeinsamer Schieber 52 als Einstellorgan 51 vorgesehen, mittels dem der minimale Querschnitt jedes Rückstrombereiches 43 variiert werden kann. Der beispielsweise kammartige Schieber 52 ist in Umfangsrichtung U verschiebbar und weist jeweils einen in jeden Rückstromkanal 41 hineinragenden Zahn auf, der zur Einstellung des minimalen Querschnitts auch aus diesem herauschiebbar ist.

[0036] Alternativ dazu oder zusätzlich ist es möglich, die für den auszukoppelnden Teilstrom 49 eingangsseitige Einströmöffnungen (und/oder ausgangsseitige Ausströmöffnungen) mittels eines ähnlichen Schiebers teilweise oder vollständig zu verschließen, um den Massenstrom des durch den Rückströmkanal 41 fließenden Teilstroms 49 bedarfsgerecht einzustellen.

[0037] In einer weiteren alternativen Ausgestaltung gemäß FIG 4 ist anstelle eines Schiebers 52 für jeden Rückstromkanal 41 ein Ventil als Einstellorgan 51 vorgesehen.

[0038] Droht in einem ersten Betriebszustand ein Strömungsabriss an den Spitzen 33 der Laufschaufeln 15 des Laufschaufelkranzes 13, so wird der Schieber 52 derartig betätigt, dass eine die spaltnahe Strömung positiv beeinflussender Teilstrom 49 sich durch jeden Rückstrombereich 43 bzw. Rückströmkanal 41 einstellt.

[0039] Für den Fall, dass der Verdichter 5 während eines zweiten Betriebszustandes im Nennbetrieb arbeitet, ist mit einem Strömungsabriss oder ein Verdichter-Pumpen in keiner Weise zu rechnen. Ein dann rückströmender Teilstrom 49 würde Strömungsverluste in der Hauptströmung 32 herbeiführen. Durch eine geeignete Einstellung des Einstellorgans 51, welches von einer Steuerungs- oder einer Regeleinrichtung bewirkt wird, wird erfindungsgemäß für diesen Betriebszustand ein Rückströmen eines Teilstroms 49 vermieden.

[0040] Um zwischen den beiden vorgenannten Betriebszuständen zu unterscheiden oder um zu entscheiden, ob ein Rückströmen des Teilstroms 49 erforderlich ist bzw. wie groß der erforderliche Massenstrom des Teilstroms 49 ist, ist an der betreffenden Stelle, an der das Casing Treatment vorgesehen ist, mindestens eine den abströmseitigen Druck der Hauptströmung 32 erfassende Messeinrichtung vorgesehen, welche mit dem Einstellorgan 51 mittelbar über eine Steuerungs- oder Regelvorrichtung in Verbindung steht, damit diese die bedarfsgerechte Einstellung bewirken kann. Durch das Einstellen eines Teilstroms 49 kann der Druckunterschied im Strömungskanal 29 nahe der Begrenzungswand 25 zwischen anströmseitigen Bereich und abströmseitigen Bereich an der Schaufelspitze 33 einer Laufschaufel 15 geringfügig gesenkt werden, was ein Abreißen der Hauptströmung 32 in diesem Bereich vorteilhaft verhindert. Das Strömen des die spaltnahe Hauptströmung 32

beeinflussenden Teilstroms 39 ist nur dann sinnvoll, wenn eine erhöhte Gefahr für einen Strömungsabriss oder ein Verdichter-Pumpen besteht.

[0041] Insgesamt wird mit der Erfindung ein Strömungskanal 29 für eine in Axialrichtung von einem Hauptstrom 32 durchströmbare Strömungsmaschine angegeben, wobei der Strömungskanal 29 konzentrisch um eine in Axialrichtung verlaufende Mittelachse 2 angeordnet ist und der von einer im Querschnitt kreisförmigen Begrenzungswand 25, 27 begrenzt ist, wobei ein axialer Wandabschnitt der Begrenzungswand 25, 27, welcher ungefähr den Spitzen 33 von im Strömungskanal 29 strahlenförmig angeordneten profilierten Schaufelblättern 22 eines Schaufelkranzes 13, 14 jeweils unter Spaltbildung gegenüberliegt. Im Bereich des Wandabschnitts sind Rückströmbereiche 41 vorgesehen, durch die ein dem Hauptstrom 32 entnehmbarer Rückstrom 49 ausgekoppelt und stromauf der Auskoppelposition wieder zuführbar ist. Um für unterschiedliche Betriebszustände des Verdichters 5 einen einstellbaren Rückstrom in der Begrenzungswand 25, 27 zu bereitzustellen, sind die Rückströmbereiche 41 mit Einstellorganen 51 ausgestattet. Ferner wird ein Verfahren zur Beeinflussung der spaltnahen Strömung angegeben, wodurch die Gefahr einer Strömungsablösung an den Schaufelblättern signifikant reduziert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beeinflussen der spaltnahen Strömung, wobei jeweils zwischen den Spitzen (33) der Schaufelblätter (22) eines Schaufelkranzes (13, 14) und einer den Spitzen (33) gegenüberliegenden Begrenzungswand (25, 27) einer Strömungsmaschine ein Spalt (35) vorgesehen ist, wobei aus einem die Strömungsmaschine durchströmenden Hauptstrom (32) mindestens ein Teilstrom (49) ausgekoppelt und stromauf seiner Entnahmeposition (45) dem Hauptstrom (32) wieder zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massenstrom des Teilstroms (49) mittels eines Einstellorgans (51) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem aus dem Hauptstrom (32) der Teilstrom (49) vollständig oder teilweise stromab der Abströmkanten (53) der Schaufelblätter (22) des Schaufelkranzes (13, 14) ausgekoppelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Teilstrom (49) vollständig oder teilweise stromauf der Anströmkanten (55) der Schaufelblätter (22) des Schaufelkranzes (13, 14) dem Hauptstrom (32) zugeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem der Massenstrom des Teilstroms (49) gesteuert oder geregelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem zur Einstellung des Massenstroms des Teilstroms (49) ein Druckverhältnis des Schaufelkranzes (13, 14) herangezogen wird, welches Druckverhältnis den abströmkantenseitigen Druck des Hauptstroms in Bezug auf den anströmkantenseitigen Druck angibt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem erst oberhalb des Grenzdruckverhältnisses der Teilstrom (49) strömt, wobei das Grenzdruckverhältnis annähernd dem maximalen, sich über den Schaufeln (12, 15) des Schaufelkranzes (13, 14) aufbaubaren Druckverhältnis entspricht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das Grenzdruckverhältnis oberhalb des stationären Betriebsdruckverhältnisses liegt.
8. Ringförmiger Strömungskanal (29) für eine in Axialrichtung von einem Hauptstrom (32) durchströmbare Strömungsmaschine zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, der konzentrisch um eine in Axialrichtung verlaufende Mittelachse (2) angeordnet und der von einer im Querschnitt kreisförmigen Begrenzungswand (25, 27) begrenzt ist, wobei ein axialer Wandabschnitt der Begrenzungswand (25, 27), welcher mindestens den Spitzen (33) von im Strömungskanal (29) strahlenförmig angeordneten profilierten Schaufelblättern (22) eines Schaufelkranzes (13, 14) jeweils unter Spaltbildung (35) gegenüberliegt, mehrere über den Umfang verteilte Rückstrombereiche (43) aufweist, durch die jeweils ein dem Hauptstrom (32) an einer Entnahmeposition (45) auskoppelbarer Teilstrom (49) an einer in Bezug dazu stromaufwärtigen Einspeiseposition (47) in den Hauptstrom (32) zurückführbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einem der Rückstrombereiche (43) ein Einstellorgan (51) zur Einstellung des Massenstroms des Teilstroms (49) vorgesehen ist.
9. Strömungskanal (29) nach Anspruch 8, bei dem jeder Rückstrombereich (43) ein Einstellorgan (51) aufweist.
10. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, bei dem axial gesehen die Entnahmeposition (45) jedes Rückstrombereichs (43) im Bereich einer Abströmkante (53) der dem Wandabschnitt gegenüberliegenden Schaufelblätter (22) vorgesehen ist.

11. Strömungskanal (29) nach Anspruch 10,
bei dem axial gesehen die Entnahmeposition (45)
jedes Rückstrombereichs (43) stromab den Ab-
strömkanten (53) der dem Wandabschnitt gegen-
überliegenden Schaufelblätter (22) vorgesehen ist. 5
12. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8
bis 11, bei dem axial gesehen die Einspeiseposition
(47) jedes Rückstrombereichs (43) im Bereich einer
Anströmkante (55) der dem Wandabschnitt gegen-
überliegenden Schaufelblätter (22) vorgesehen ist. 10
13. Strömungskanal (29) nach Anspruch 12,
bei dem axial gesehen die Einspeiseposition (47)
jedes Rückstrombereichs (43) stromauf den An-
strömkanten (55) der dem Wandabschnitt gegen-
überliegenden Schaufelblätter (22) vorgesehen ist. 15
14. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8
bis 13, bei dem der Rückstrombereich (43) als ein
Rückstromkanal (41) ausgebildet ist. 20
15. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8
bis 14, bei dem das Einstellorgan (51) mit einer
Steuerungs- oder einer Regeleinrichtung zur Ein-
stellung des Massenstroms verbunden ist. 25
16. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8
bis 15, bei dem das Einstellorgan (51) als Schieber,
Drossel oder Ventil ausgebildet ist. 30
17. Strömungskanal (29) nach einem der Ansprüche 8
bis 16, bei dem am Schaufelkranz (13, 14) minde-
stens eine den austrittsseitigen Druck der Hauptströ-
mung (32) erfassende Messeinrichtung vorgesehen 35
ist, welche mit dem Einstellorgan (51) in Verbindung
steht.
18. Strömungskanal (29) nach Anspruch 17,
bei dem am Schaufelkranz (13, 14) mindestens eine 40
das sich aufbauende Druckverhältnis des Schaufel-
kranzes (13, 14) erfassende Messeinrichtung vor-
gesehen ist, welche mit dem Einstellorgan (51) in
Verbindung steht. 45
19. Verdichter (5) mit einem Strömungskanal (29) nach
einem der Ansprüche 8 bis 18. 50

50

55

FIG 1

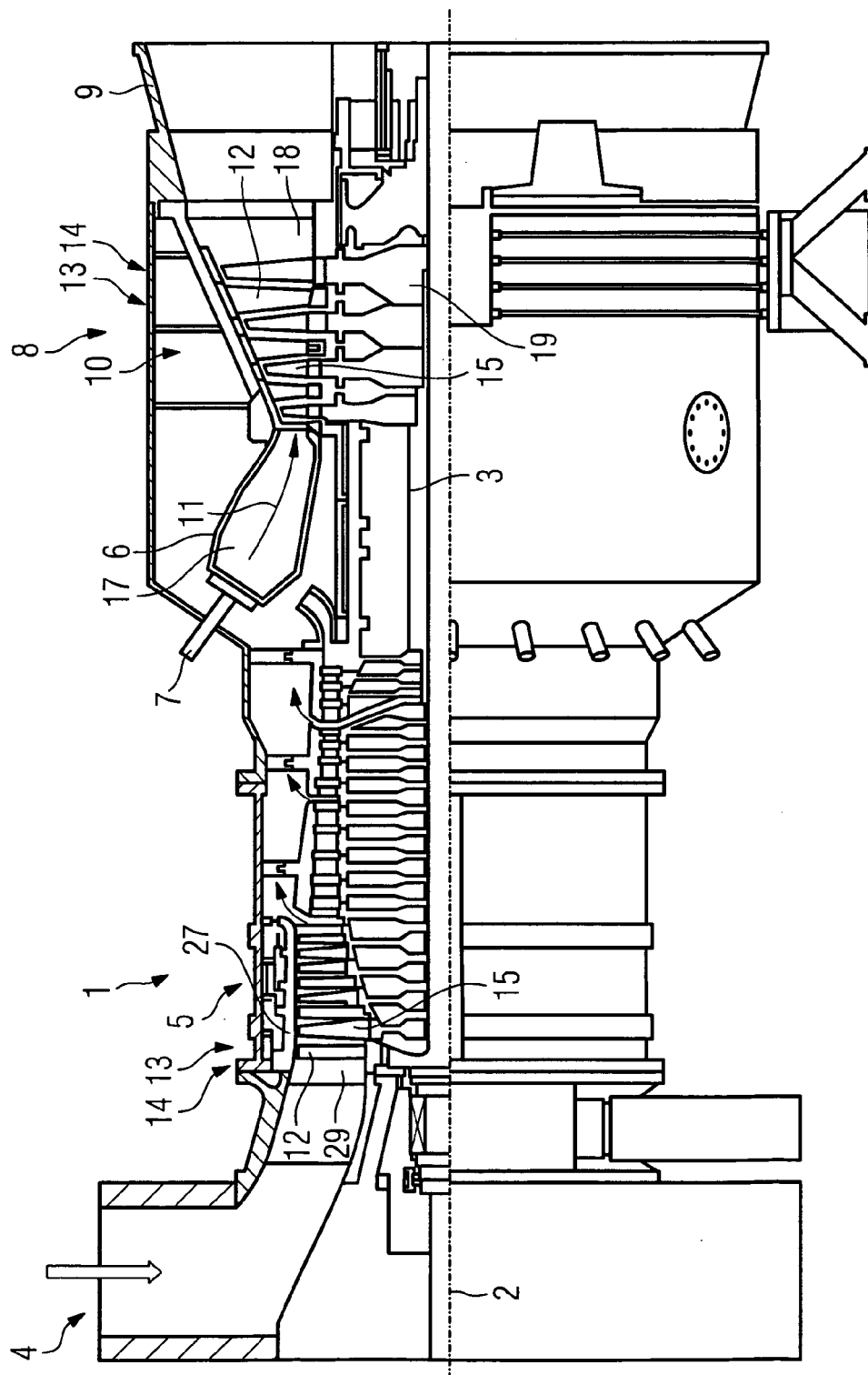


FIG 2

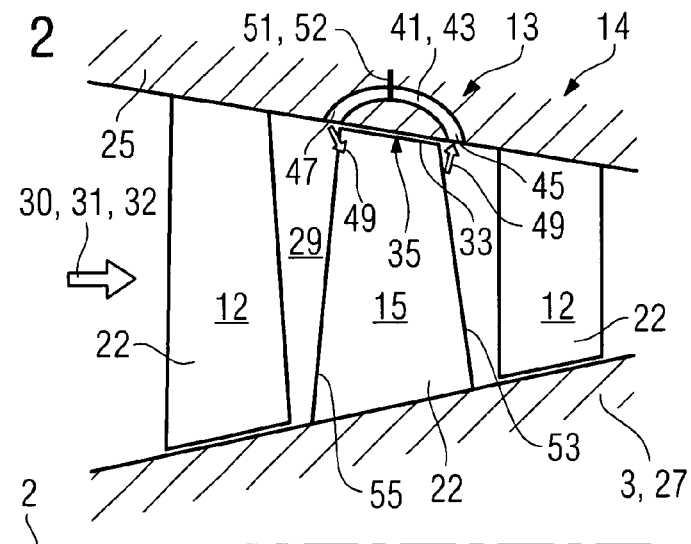


FIG 3

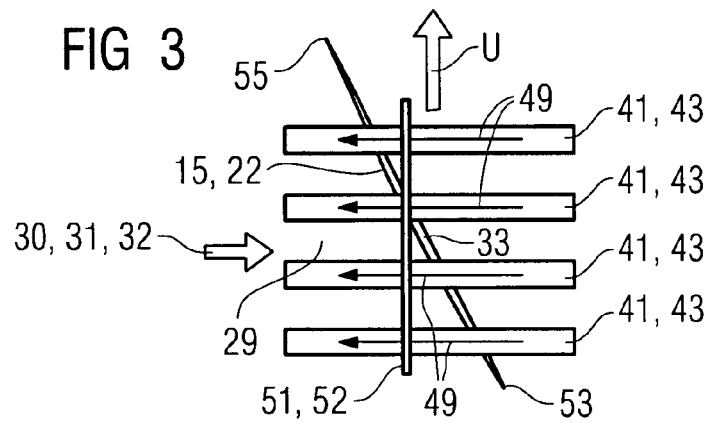
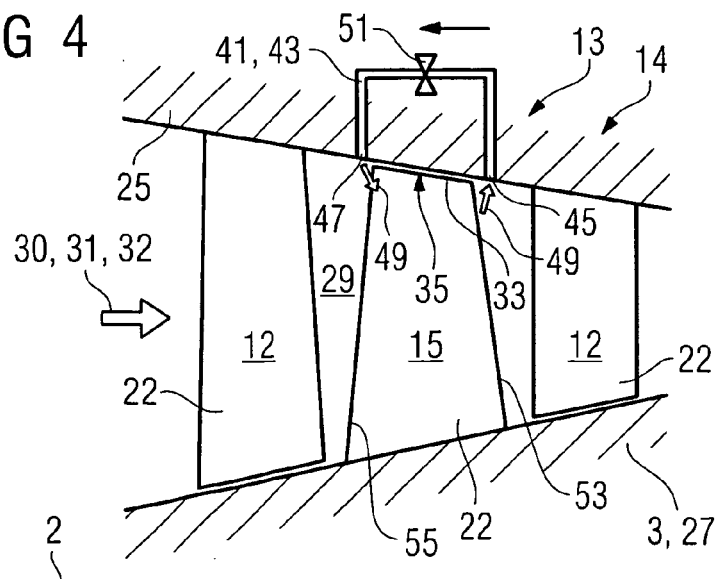


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 4866

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 018, Nr. 569 (M-1695), 31. Oktober 1994 (1994-10-31) -& JP 06 207558 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 26. Juli 1994 (1994-07-26) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1-4, 6, 8-19	INV. F01D11/08 F01D11/10 F01D5/14 F01D17/10 F04D27/02 F04D29/68
X	EP 0 606 475 A (EBARA CORPORATION) 20. Juli 1994 (1994-07-20) * Spalte 15, Zeile 14 - Zeile 31; Abbildung 12 *	1-4, 8-16, 19	
X	US 4 580 943 A (SCULLY ET AL) 8. April 1986 (1986-04-08) * Spalte 2, Zeile 60 - Zeile 66; Abbildung *	1-4, 8-16, 19	
X	US 5 431 533 A (HOBBS ET AL) 11. Juli 1995 (1995-07-11) * Abbildungen 5-7 *	1, 4, 6, 8-10, 12, 14-16, 19	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	US 3 572 960 A (JAMES W. MCBRIDE) 30. März 1971 (1971-03-30) * Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 22 * * Spalte 4, Zeile 39 - Zeile 46; Abbildung 1 *	1, 4, 8, 9, 14-16, 19	F01D F04D
X	DE 881 743 C (JUNKERS FLUGZEUG- UND MOTORENWERKE A. G) 2. Juli 1953 (1953-07-02) * Seite 2, Zeile 68 - Zeile 76; Abbildung *	1, 4, 8, 9, 14-16, 19	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Mai 2006	Prüfer Raspo, F
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 : nichtschriftliche 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 00 4866

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.

30-05-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 06207558	A	26-07-1994	KEINE	
EP 0606475	A	20-07-1994	CA 2107349 A1	05-04-1993
			DE 69219898 D1	26-06-1997
			DE 69219898 T2	08-01-1998
			WO 9307392 A1	15-04-1993
			US 5458457 A	17-10-1995
US 4580943	A	08-04-1986	KEINE	
US 5431533	A	11-07-1995	DE 69429629 D1	14-02-2002
			DE 69429629 T2	14-11-2002
			EP 0723625 A1	31-07-1996
			JP 9503567 T	08-04-1997
			WO 9510692 A1	20-04-1995
US 3572960	A	30-03-1971	BE 743057 A	14-05-1970
			DE 1964057 A1	16-07-1970
			FR 2027666 A5	02-10-1970
DE 881743	C	02-07-1953	KEINE	

EPO FORM P0461

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

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 0719907 A1 [0006]
- EP 1286022 A1 [0007]