



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.05.2008 Patentblatt 2008/20

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06023377.2**

(22) Anmeldetag: **09.11.2006**

(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 RS

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

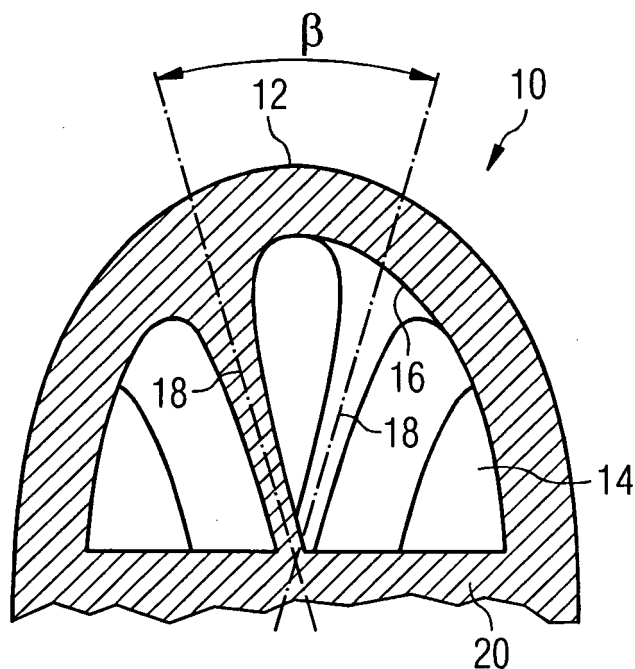
(72) Erfinder: **Gross, Heinz-Jürgen, Dr. 45478 Mülheim a.d. Ruhr (DE)**

(54) **Turbinenschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (10), mit mehreren Rippen (18), welche aufeinanderfolgend in einem Kühlkanal (14) angeordnet sind, der sich

längs einer Strömungseintrittskante (12) erstreckt, und bei der mit jeweils zwei Rippen (18) ein Rippen-Paar (24) gebildet ist, dessen Rippen (18) in Schlittschuhschritt-Form angeordnet sind.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel. Turbinenschaufeln, insbesondere Turbinenschaufeln für Gasturbinen, werden während des Betriebs hohen Temperaturen ausgesetzt, welche schnell die Grenze der Materialbeanspruchung überschreiten. Dies gilt insbesondere für die Bereiche in Umgebung der Strömungseintrittskante. Um Turbinenschaufeln auch bei hohen Temperaturen einsetzen zu können, ist es schon seit langem bekannt, Turbinenschaufeln geeignet zu kühlen, so dass sie eine höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen. Mit Turbinenschaufeln, die eine höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen, lassen sich insbesondere höhere energetische Wirkungsgrade erzielen.

[0002] Bekannte Kühlarten sind unter anderem die Konvektionskühlung, die Prallkühlung und die Filmkühlung. Bei der Konvektionskühlung handelt es sich wohl um die am weitesten verbreitete Art der Schaufelkühlung. Bei dieser Kühlungsart führt man Kühlluft durch Kanäle im Schaufelinneren und nutzt den konvektiven Effekt, um die Wärme abzuführen. Bei der Prallkühlung prallt ein Kühlluftstrom von innen auf die Schaufeloberfläche. Auf diese Weise wird im Auftreffpunkt eine sehr gute Kühlwirkung ermöglicht, die allerdings nur auf den engen Bereich des Auftreffpunkts und die nähere Umgebung beschränkt ist. Diese Art der Kühlung wird deshalb meist zur Kühlung der Strömungseintrittskante einer Turbinenschaufel verwendet, die hohen Temperaturbelastungen ausgesetzt ist. Bei der Filmkühlung wird Kühlluft über

Öffnungen in der Turbinenschaufel vom Inneren der Turbinenschaufel nach außen geführt. Diese Kühlluft umströmt die Turbinenschaufel und bildet eine isolierende Schicht zwischen dem heißen Prozessgas und der Schaufeloberfläche aus. Die beschriebenen Kühlarten werden je nach Anwendungsfall geeignet kombiniert, um eine möglichst wirksame Schaufelkühlung zu erzielen.

[0003] Ergänzend zu den oben beschriebenen Kühlarten ist die Verwendung von Kühlmitteln, wie Turbulatoren, die meist in Form von Rippen bereitgestellt sind, sehr verbreitet. Diese sind innerhalb der für die Konvektionsströmung vorgesehenen Kühlkanäle angeordnet, die im Inneren der Turbinenschaufel verlaufen. Der Einbau von Rippen in den Kühlkanälen bewirkt, dass die Strömung der Kühlluft in den Grenzschichten abgelöst und verwirbelt wird. Durch die so erzwungene Störung der Strömung kann bei einem vorliegenden Temperaturunterschied zwischen Kühlkanalwand und Kühlluft der Wärmeübergang gesteigert werden. Durch die Berippung wird die Strömung ständig dazu veranlasst neue "Wiederanlegegebiete" zu bilden, in denen eine wesentliche Steigerung des lokalen Wärmeübergangskoeffizienten erzielt werden kann.

[0004] Zur Kühlung der während des Betriebs thermisch meist sehr stark beanspruchten Strömungseintrittskante bzw. Vorderkante von Turbinenschaufeln sind in Turbinenschaufeln oft parallel und nahe zur Strömungseintrittskante verlaufende Kühlkanäle ausgebil-

det, denen durch weitere in den Schaufeln ausgebildete Kühlkanäle Kühlluft zugeführt wird. Die so realisierte konvektive Kühlung der Strömungseintrittskante wird bei filmgefühlten Schaufeln meist durch eine Prallkühlung der Innenwand des nahe der Strömungseintrittskante verlaufenden Kühlkanals ergänzt. In Anwendungen, bei denen keine Filmkühlung der Turbinenschaufeln vorgenommen wird, wird die konvektive Kühlung durch an der Innenwand des Kühlkanals angeordnete Turbulatoren intensiviert.

[0005] Sowohl bei filmgekühlten als auch bei nicht filmgekühlten Schaufeln besteht gegenwärtig hinsichtlich der Kühlung der Strömungseintrittskante noch deutlicher Verbesserungsbedarf.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbinenschaufel anzugeben, deren Strömungseintrittskante gegenüber bekannten Lösungen wirksamer gekühlt werden kann, und zwar sowohl bei vorhandener als auch bei nicht vorhandener Filmkühlung.

[0007] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einer Turbinenschaufel gelöst, die mehrere Rippen aufweist, welche aufeinanderfolgend in einem Kühlkanal angeordnet sind, der sich längs einer Strömungseintrittskante erstreckt, und bei der mit jeweils zwei Rippen ein Rippen-Paar gebildet ist, dessen Rippen in Schlittschuhschritt-Form angeordnet sind.

[0008] Die erfindungsgemäß vorgesehene paarweise Anordnung der Rippen in Schlittschuhschritt-Form bewirkt gegenüber bekannten Lösungen eine stark erhöhte Verwirbelung der in dem erfindungsgemäßen Kühlkanal strömenden Kühlluft, derart, dass die in dem Kühlkanal strömende Kühlluft von einer Rippe eines Rippen-Paars auf die andere Rippe des Rippen-Paars geleitet wird. Mit der stark erhöhten Verwirbelung der Kühlluft ist ein stark erhöhter lokaler Wärmeübergangskoeffizient verbunden, so dass insgesamt betrachtet gegenüber bekannten Lösungen eine deutlich wirksamere Kühlung, insbesondere im Bereich der Strömungseintrittskante bereitgestellt werden kann. Insgesamt betrachtet kann die erfindungsgemäße Turbinenschaufel somit höheren Gastemperaturen ausgesetzt werden, selbst wenn keine Filmkühlung vorgesehen ist. Sofern Filmkühlung vorgesehen ist, sind noch höhere Gastemperaturen möglich. Ferner bildet sich an den angeströmten Rippen ein hoher Turbulenzgrad aus, der in Kombination mit Prallkühlungseffekten und einer starken kühlluftseitigen Oberflächenvergrößerung zu einer effizienten Kühlluftausnutzung und einer Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung führt.

[0009] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die beiden Rippen eines Rippen-Paars derart in dem Kühlkanal angeordnet, dass eine Strömung eines in dem Kühlkanal strömenden Kühlmediums, vorzugsweise in Form von Kühlluft, von einer Rippe des Rippen-Paars im wesentlichen quer auf die andere Rippe des Rippen-Paars geleitet wird. Durch diese erfindungsgemäß vorgesehene Strömungsführung der in dem Kühlkanal strömenden Kühlluft wird eine besonders hohe

Verwirbelung im Bereich des Rippen-Paars realisiert, einhergehend mit einem sehr hohen lokalen Wärmeübergangskoeffizienten und einer entsprechend stark ausgebildeten Kühlungswirkung.

[0010] Bei einer praktischen Weiterbildung der Erfindung schließen die beiden Rippen eines Rippen-Paars einen vorbestimmten Winkel ein, und ein gesamtes Kühlvermögen der beiden Rippen eines Rippen-Paars ist über den Winkel einem vorgegebenen Kühlbedarf für die Strömungseintrittskante in der Umgebung des Rippen-Paars angepasst.

[0011] Erfindungsgemäß kann durch Veränderung der Winkelstellung der Rippen eines Rippen-Paars das Ausmaß der Verwirbelung der Kühlluft und somit auch der lokale Wärmeübergangskoeffizient gezielt beeinflusst werden, so dass eine einem lokalen Kühlbedarf für die Strömungseintrittskante angepasste Kühlung realisiert werden kann. Hierbei kann erfindungsgemäß das Kühlvermögen eines Rippen-Paares durch Vergrößerung des Winkels, der von den beiden Rippen des Rippen-Paars eingeschlossen wird, vergrößert werden. Insgesamt betrachtet kann mittels dieser praktischen Weiterbildung die Temperaturverteilung an der Strömungseintrittskante "vergleichsmässig" werden, da erfindungsgemäß an vergleichsweise heißen Stellen der Strömungseintrittskante durch geeignet ausgebildete Rippen-Paare eine entsprechend starke Kühlung erfolgt und umgekehrt, so dass eine wirksame Kühlung der Strömungseintrittskante realisiert werden kann, die einer inhomogenen Temperaturverteilung entgegenwirkt.

[0012] Eine inhomogene Temperaturverteilung ist mit großen thermischen Belastungen verbunden, die sich nachteilig auf die Lebensdauer der Turbine auswirken. Die gilt insbesondere für Turbinenschaufeln, die in axial durchströmten Turbinen zum Einsatz kommen, bei denen sich für die Strömungseintrittskante eine inhomogene Temperaturverteilung entlang der radialen Richtung ausbildet.

[0013] Bei einer weiteren praktischen Weiterbildung erstrecken sich die Rippen von einer den Kühlkanal begrenzenden Wand abgehend in den Kühlkanal hinein, wobei die Rippen bevorzugt einstückig mit der begrenzenden Wand ausgebildet sind.

[0014] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Rippen-Paare innerhalb eines Einsatzes angebracht, der in den Kühlkanal eingeschoben ist. Auf diese Weise wird erfindungsgemäß ein Einsatz bereitgestellt, der gegebenenfalls aus der Turbinenschaufel, vorzugsweise in Form einer Leitschaufel, entnommen werden kann, um beispielsweise die Winkelstellung der Rippen-Paare einer gegebenen Anwendung anzupassen. Gleichfalls lässt sich so auch der Guss der Turbinenschaufel einfach halten, so dass die erfindungsgemäße Turbinenschaufel auch ohne aufwändig gestaltete Guskerne hergestellt werden kann.

[0015] Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erstreckt sich der Kühlkanal parallel zur Strömungseintrittskante durchgehend durch die Turbi-

nenschaufel, um eine wirksame Kühlung entlang der gesamten Erstreckung der Strömungseintrittskante bereitzustellen.

[0016] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine skizzenhafte Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel durch deren Strömungseintrittskante,

FIG 2 eine Turbinenschaufel mit einem Kühlkanal und mit darin angeordneten Rippen und

FIG 3 einen Längsschnitt durch die Turbinenschaufel entlang ihrer Strömungseintrittskante.

[0017] FIG 1 zeigt eine skizzenhafte Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel 10 durch deren Strömungseintrittskante 12. Der Schnitt gemäß der Schnittfläche A-A der FIG 1 ist in FIG 3 gezeigt, wobei dieser eine skizzenhafte Schnittdarstellung des vorderen Abschnitts einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel 10 ist. Im Inneren der Turbinenschaufel 10 ist nahe der Strömungseintrittskante 12 ein sich parallel zur Strömungseintrittskante 12 erstreckender Kühlkanal 14 ausgebildet (also ein sich radial erstreckender Kanal 14 bei axial durchströmten Turbinen). Entlang des Kühlkanals 14 sind in diesem aufeinanderfolgend eine Anzahl von Rippen-Paaren 24 (in FIG 1 ausgeblendet) angeordnet, wobei die einzelnen Rippen 18 jedes Rippen-Paares 24 um einen vorgegebenen Winkel α zueinander quer gestellt sind. Zudem sind die Rippen 18 eines Rippen-Paares 24, entlang der Kühlkanalerstreckung betrachtet, zueinander versetzt angeordnet. Die Rippen 18 jedes Paares 24 als auch die Rippen 18 unmittelbar benachbarter Paare 24 sind dabei also überlappend in Schlittschuhschritt-Form angeordnet.

[0018] Bei Durchströmung des Kühlkanals 14 wird die Kühlluft abwechselnd von den einzelnen Rippen 18 jedes Paares 24 umgelenkt. An den angeströmten Rippen 18 bildet sich ein hoher Turbulenzgrad aus, der in Kombination mit Prallkühlungseffekten und der einhergehenden kühlfluchtseitigen Oberflächenvergrößerung zu einer effizienten Kühlluftausnutzung führt. Vorliegend ist der Winkel α im mittleren Bereich der Turbinenschaufel 10 größer als in den Randbereichen der Turbinenschaufel 10, um so den mittleren, während des Betriebs in der Regel stark erhitzten Bereich der Strömungseintrittskante 12 stärker zu kühlen als die Randbereiche der Strömungseintrittskante 12. Durch eine Vergrößerung des Winkels α wird die Kühlluft stärker umgelenkt, mit einer einhergehenden stärkeren Verwirbelung, die letztlich im Vergleich zu kleineren Winkeln eine ausgeprägtere Steigerung des lokalen Wärmeübergangskoeffizienten zur Folge hat. Letztlich kann so erfindungsgemäß der sich bei Einsatz der Turbinenschaufel 10 entlang der Strömungseintrittskante 12 ausbildenden inhomogenen

Temperaturverteilung entgegengewirkt werden. Geeignete Werte für den Winkel α , die dem jeweiligen Kühlbedarf angepasst sind, liegen erfindungsgemäß im Bereich von ca. 60° bis 90°.

[0019] In FIG 2 ist die skizzenhafte Schnittdarstellung des vorderen Abschnitts der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel 10 gemäß FIG 1 im Detail dargestellt, mit einer ebenen Schnittfläche rechtwinkelig zur Strömungseintrittskante 12. Wie dieser Zeichnung zu entnehmen ist, erstrecken sich die einzelnen Rippen 18 eines Paares 24 vorwiegend von einer Vorderwand 16 des Kühlkanals 14 bis einer Rückwand 20 des Kühlkanals 14. Alternativ können die Rippen 18 jedoch nur an der Vorderwand 16 einseitig befestigt sein, ohne sich bis zur Rückwand 20 zu erstrecken. Gleichfalls können die Rippen auch Teil eines Einsatzes sein, welcher in der Kühlkanal 14 einschiebbar ist.

[0020] Ergänzend zur Variation des Kühlvermögens über den Winkel α kann durch geeignete Einstellung der Winkelstellung β die Kühlluft bevorzugt in Richtung Vorderwand 16 geführt werden, um eine möglichst wirksame Kühlung der Strömungseintrittskante 12 zu erzielen. Erfindungsgemäß vorgesehene Winkelgrößen liegen hierbei im Bereich von ca. 30° bis 60°.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10), mit mehreren Rippen (18), welche aufeinanderfolgend in einem Kühlkanal (14) angeordnet sind, der sich längs einer Strömungseintrittskante (12) erstreckt, und bei der mit jeweils zwei Rippen (18) ein Rippen-Paar (24) gebildet ist, dessen Rippen (18) in Schlittschuhschritt-Form angeordnet sind.
2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, bei der die beiden Rippen (18) eines Rippen-Paares (24) einen vorbestimmten Winkel einschließen, und dass ein gesamtes Kühlvermögen der beiden Rippen (18) eines Rippen-Paares (24) über den Winkel einem vorgegebenen Kühlbedarf für die Strömungseintrittskante (12) in der Umgebung des Rippen-Paares (24) angepasst ist.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die beiden Rippen (18) eines Rippen-Paares (24) derart in dem Kühlkanal (14) angeordnet sind, dass eine Strömung eines in dem Kühlkanal (14) strömenden Kühlmediums von einer Rippe (18) des Rippen-Paares (24) im wesentlichen quer auf die andere Rippe (18) des Rippen-Paares (24) geleitet wird.
4. Turbinenschaufel (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der sich die Rippen (18) von einer den Kühlkanal (14) begrenzenden Wand (16, 20) abstehend in den Kühlkanal (14) hinein erstrecken.

5. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 4, bei der die Rippen (18) einstückig mit der begrenzenden Wand (16, 20) ausgebildet sind.
6. Turbinenschaufel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Rippen-Paare (24) innerhalb eines Einsatzes angebracht sind, der in den Kühlkanal (14) eingeschoben ist.
7. Turbinenschaufel (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Kühlkanal (14) parallel zur Strömungseintrittskante (12) durchgehend durch die Turbinenschaufel (10) erstreckt.

FIG 1

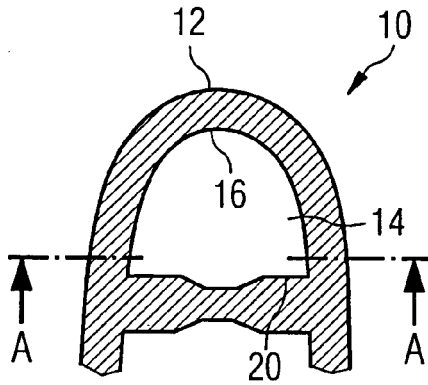


FIG 2

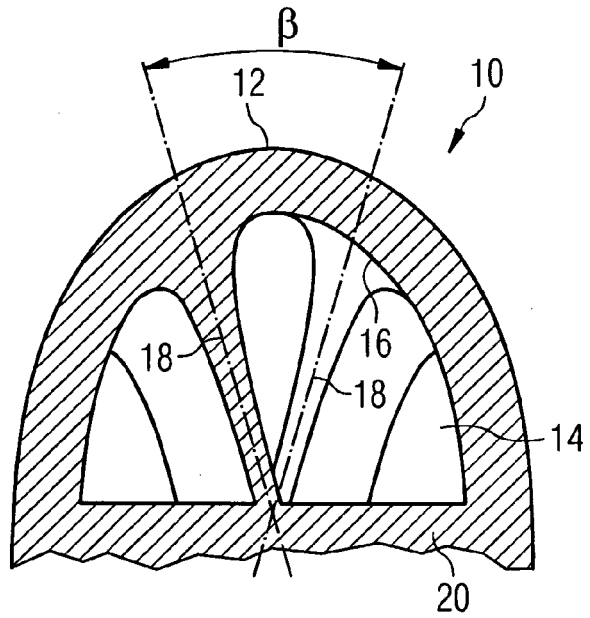
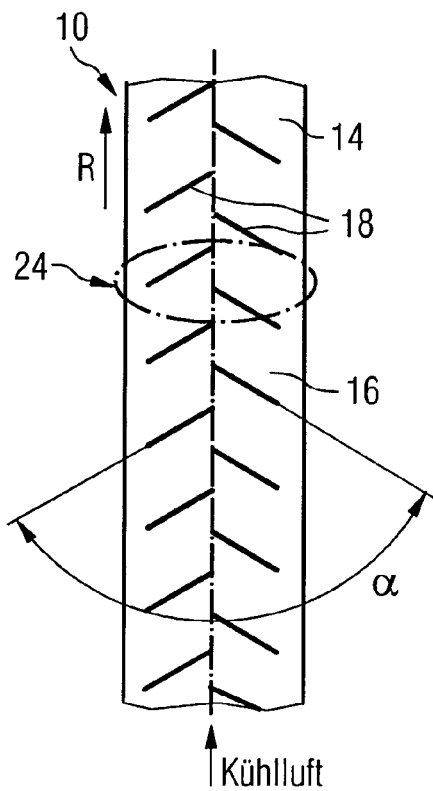


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 02 3377

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 637 699 A (GEN ELECTRIC [US]) 22. März 2006 (2006-03-22)	1-5,7	INV. F01D5/18
Y	* Abbildungen *	6	
	* Absatz [0033] *		
	* Absatz [0038] *		
	* Absatz [0042] - Absatz [0043] *		
	* Absatz [0051] *		
	* Absatz [0061] - Absatz [0062] *		

Y	EP 1 380 724 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 14. Januar 2004 (2004-01-14)	6	
	* Abbildungen *		
	* Absatz [0020] - Absatz [0021] *		

X	US 5 395 212 A (ANZAI SHUNICHI [JP] ET AL) 7. März 1995 (1995-03-07)	1-5,7	
	* Abbildungen *		
	* Spalte 4, Zeile 22 - Zeile 53 *		

A	US 5 695 321 A (KERCHER DAVID MAX [US]) 9. Dezember 1997 (1997-12-09)	1-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Abbildungen 11,12 *		F01D
	* Spalte 8, Zeile 60 - Spalte 10, Zeile 17 *		

A	US 5 472 316 A (TASLIM MOHAMMAD E [US] ET AL) 5. Dezember 1995 (1995-12-05)	1-7	
	* Abbildungen 6c,6d *		
	* Spalte 5, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 13 *		

A	DE 195 26 917 A1 (FIEBIG MARTIN PROF DR ING [DE]) 23. Januar 1997 (1997-01-23)	1-7	
	* das ganze Dokument *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. April 2007	Prüfer Teissier, Damien
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			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 02 3377

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.

18-04-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
EP 1637699	A	22-03-2006	CA	2517202 A1		09-03-2006
			JP	2006077767 A		23-03-2006
			US	2006051208 A1		09-03-2006

EP 1380724	A	14-01-2004	CA	2432685 A1		11-01-2004
			CN	1477292 A		25-02-2004
			JP	2004044572 A		12-02-2004
			US	2004009066 A1		15-01-2004

US 5395212	A	07-03-1995	KEINE			

US 5695321	A	09-12-1997	KEINE			

US 5472316	A	05-12-1995	KEINE			

DE 19526917	A1	23-01-1997	KEINE			

EPO FORM P0461

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