

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 090 750 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

19.08.2009 Patentblatt 2009/34

(51) Int Cl.:

F01D 5/30 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **08002768.3**(22) Anmeldetag: **14.02.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

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

(72) Erfinder:

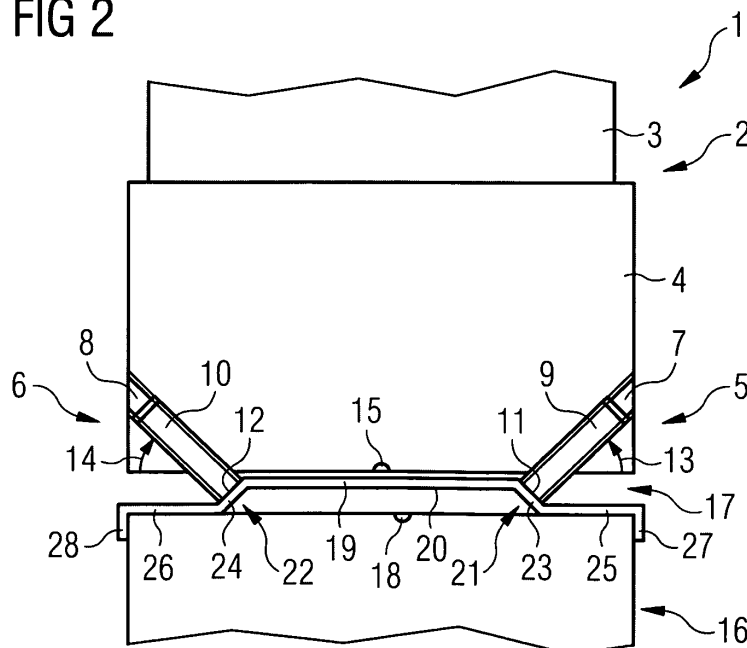
- **Benkler, François**
40880 Ratingen (DE)

• **Bettentrup, Jörn****46282 Dorsten (DE)**• **Deister, Frank****45481 Mülheim a.d. Ruhr (DE)**• **Küperkoch, Rudolf****45219 Essen (DE)**• **Savilius, Nicolas****45359 Essen (DE)**• **Schneider, Oliver****46487 Wesel (DE)**• **Wistuba, Dirk****45475 Mülheim an der Ruhr (DE)**

(54) **Turbomaschinenrotor, Laufschaufel für einen solchen Turbomaschinenrotor, Abstützplatte für eine solche Laufschaufel in dem Turbomaschinenrotor, sowie entsprechendes Montageverfahren**

(57) Ein erfindungsgemäßer Turbinenmaschinenrotor weist eine Laufschaufel (2) mit einem Schaufelfuß (4), eine Radscheibe (16) mit einer Nut (17), in die der Schaufelfuß (4) eingreift, so dass die Laufschaufel (2) in der Nut formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist, und eine Vorspanneinrichtung (7-14,19-28) auf, die sowohl

an der Radscheibe (16) als auch an dem Schaufelfuß (4) abgestützt ist und auf den Schaufelfuß (4) eine Vorspannkraft in Radialrichtung ausübt, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14,19-28) derart eingerichtet ist, dass die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors einstellbar ist.

FIG 2**EP 2 090 750 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Turbomaschinenrotor mit einer Vorspanneinrichtung zum Vorspannen einer Laufschaufel, die Laufschaufel mit der Vorspanneinrichtung, eine Abstützplatte als die Vorspanneinrichtung und ein Verfahren zum Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors.

[0002] Eine Gasturbine ist eine thermische Turbomaschine, in der herkömmlich fossile Brennstoffe, wie beispielsweise Erdgas, verbrannt werden. Die Gasturbine kann beispielsweise in einem Gas- und Dampfkraftwerk eingesetzt sein, das zur Abdeckung von Spitzenlasten in einem Stromnetz vorgesehen ist. Dadurch wird die Gasturbine im instationären Betrieb gefahren, wodurch die einzelnen Komponenten und Bauteile der Gasturbine instationären Belastungen ausgesetzt sind. Auf Grund der hohen Leistungsdichte der Gasturbine sind hohe Anforderungen bezüglich der Festigkeit von hochbelasteten Bauteilen zu erfüllen, um eine hohe Lebensdauer dieser Bauteile und lange Wartungszyklen sowie einen geringen Ersatzteilbedarf zu gewährleisten.

[0003] Die Gasturbine weist einen Verdichter mit einem Verdichterrotor und eine Turbine mit einem Turbinenrotor auf, wobei der Verdichterrotor und der Turbinenrotor über eine Welle drehstarr miteinander gekuppelt sind. Herkömmlich sind der Verdichterrotor und/oder der Turbinenrotor in Axialbauweise ausgeführt, d.h., auf der Welle ist eine Mehrzahl von Radscheiben hintereinander aufgefädelt. An den Außenumfängen der Radscheiben ist jeweils eine Laufschaufelreihe befestigt. Jede Laufschaufelreihe weist eine Vielzahl von Laufschaufeln auf, die jeweils ein aerodynamisch wirksames Schaufelblatt und einen Schaufelfuß aufweisen. Der Schaufelfuß ist in eine am Außenumfang der Radscheibe befindliche Nut eingesetzt, so dass die Laufschaufel an dem Schaufelfuß insbesondere in Radialrichtung des Gasturbinenrotors formschlüssig gehalten ist.

[0004] Zum formschlüssigen Halten der Laufschaufel weisen der Schaufelfuß und die Nut miteinander korrespondierende Schwalbenschwanzprofile oder Tannenbaumprofile auf. Diese Profile sind in Axialrichtung des Gasturbinenrotors verlaufend angeordnet, so dass zur Montage der Laufschaufel diese mit ihrem Schaufelfuß in Axialrichtung des Gasturbinenrotors in die Nut eingeschoben wird. Zwischen dem Schaufelfuß und dem Profil der Nut ist ein Spiel vorgesehen, damit der Schaufelfuß verschleißfrei in die Nut einschiebbar ist. Hervorgerufen durch das Spiel können die Laufschaufeln im Betrieb der Gasturbine sich bewegen, was zu einem charakteristischen Klappern der Laufschaufel führt. Dies trifft insbesondere für eine große und schwere Laufschaufel zu, wie sie insbesondere in den ersten Laufschaufelreihen des Verdichters der Gasturbine mit einer hohen Leistung vorgesehen ist.

[0005] Herkömmlich ist die Laufschaufel mit Vorspannung in der Nut montiert, um das Klappern zu vermeiden. Jedoch kann insbesondere bei der großen und schweren

Laufschaufel auf Grund der Vorspannung die Montage erschwert sein.

[0006] Ferner verursacht die Vorspannung in der Radscheibe und dem Schaufelfuß eine mechanische Beanspruchung, die herkömmlich durch eine stabile und massive Ausführung der Radscheibe und des Schaufelfußes kompensiert ist. In der Nut kann ein Axialsicherungsblech vorgesehen sein, mit dem die Laufschaufel gegen eine axiale Verschiebung gesichert ist und zusätzlich vorgespannt ist. Jedoch kann für die große und schwere Laufschaufel das Axialsicherungsblech als zu schwach ausbildbar sein.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Turbomaschinenrotor, eine Laufschaufel, eine Abstützplatte und ein Verfahren zum Zusammenbauen des Turbomaschinenmotors zu schaffen, wobei der Turbomaschinenrotor ohne Klappern der Laufschaufeln bei hoher Festigkeit und Effizienz betreibbar ist.

[0008] Der Turbomaschinenrotor weist eine Laufschaufel mit einem Schaufelfuß, eine Radscheibe mit einer Nut, in die der Schaufelfuß eingreift, so dass die Laufschaufel mit der Nut formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist, und eine Vorspanneinrichtung auf, die sowohl an der Radscheibe als auch an dem Schaufelfuß abgestützt ist und auf den Schaufelfuß eine Vorspannkraft in Radialrichtung ausübt, wobei die Vorspanneinrichtung derartig eingerichtet ist, dass die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors einstellbar ist.

[0009] Dadurch ist es ermöglicht, dass beim Zusammenbauen des Turbomaschinenmotors, d.h. beim axialen Einschieben des Schaufelfußes in die Nut, die Vorspannkraft als gering vorgesehen ist und im Zusammenbauzustand des Turbinenmaschinenrotors die Vorspannkraft vorbestimmt hoch eingestellt wird. Somit ist vorteilhaft beim Einschieben des Schaufelfußes in die Nut die Vorspannkraft gering, so dass ein Verschleiß am Schaufelfuß und in der Nut auf Grund der Montage der Laufschaufel unterbunden ist.

[0010] Ferner ist vorteilhaft der Kraftaufwand beim Einschieben des Schaufelfußes in die Nut gering, so dass bei der Montage der Laufschaufel nur geringe Spannungsspitzen in dem Schaufelfuß und in der Radscheibe auftreten. Dadurch brauchen diese Spannungsspitzen bei der Festigkeitsauslegung des Schaufelfußes und der Radscheibe so gut wie nicht berücksichtigt zu werden und die Montage der Laufschaufel in die Radscheibe ist einfach.

[0011] Bevorzugt ist es, dass die Vorspanneinrichtung mindestens eine Stellschraube aufweist, mit der durch Aufbringen eines vorbestimmten Anzugsmoments die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors einstellbar ist.

[0012] Mittels der Stellschraube ist das Einstellen der vorbestimmten Vorspannkraft über die Vorgabe eines Anzugsmoments der Stellschraube ermöglicht. Dadurch ist die Vorspannkraft über das Anzugsmoment auf die Laufschaufel aufbringbar. Bevorzugt ist die Stellschrau-

be mit einem Feingewinde versehen, so dass eine genaue Kraftübertragung der Stellschraube von dem Anzugsmoment auf die Vorspannkraft ermöglicht ist.

[0013] Ferner ist durch das Vorsehen der Stellschraube eine Demontage der Laufschaufel durch Lösen der Stellschraube ermöglicht, so dass die Demontage der Laufschaufel einfach ist. Somit ist eine materialschonende und schnelle Remontage der Laufschaufel ermöglicht.

[0014] Außerdem ist es bevorzugt, dass in dem Schaufelfuß mindestens ein Gewindeloch vorgesehen ist, das an der Schaufelfußunterseite dem Nutgrund der Nut zugewandt in diese mündet, wobei mindestens eine Stellschraube in das mindestens eine Gewindeloch so eingeschraubt ist, dass sie an dem Schaufelfuß mit ihrem Schraubenende vorsteht und an dem Nutgrund abgestützt ist.

[0015] Dadurch durchdringt die Stellschraube durch das Gewindeloch den Schaufelfuß und ist darin festgelegt, so dass durch die Abstützung des Schraubenendes an dem Nutgrund auf dem Schaufelfuß in Radialrichtung die Vorspannkraft aufgebracht wird.

[0016] Bevorzugt weist die Vorspanneinrichtung eine Abstützplatte auf, die auf dem Nutgrund mindestens im Bereich der einen Stellschraube angeordnet ist, so dass die Stellschraube und die Abstützplatte in Berührung stehen.

[0017] Die Abstützplatte liegt direkt auf dem Nutgrund in der Nut auf, so dass keine zusätzliche Nut im Nutgrund für die Abstützplatte vorgesehen zu werden braucht.

[0018] Ferner ist der Nutgrund im Bereich der Stellschraube von der Abstützplatte abgedeckt, so dass der Nutgrund nur im indirekten Kontakt via der Abstützplatte mit dem Schraubenende der Stellschraube steht. Somit ist es unterbunden, dass das Schraubenende der Stellschraube, insbesondere beim Drehen der Stellschraube, den Nutgrund beschädigt.

[0019] Ferner ist es bevorzugt, dass das mindestens eine Gewindeloch mit seinem der Schaufelfußunterseite abgewandten Ende an einer der Stirnseiten des Schaufelfußes nach außen mündet, so dass das Gewindeloch um einen spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weg geneigt ist.

[0020] Dadurch ist das Gewindeloch an der Stirnseite des Schaufelfußes zugänglich, so dass von dort die Stellschraube nach der Montage der Laufschaufel auf die Radscheibe eingestellt werden kann. Ferner, da das Gewindeloch von der Stirnseite des Schaufelfußes her zu dem Schaufelfußboden hin sich erstreckt, durchdringt das Gewindeloch den Schaufelfuß in einem mechanisch wenig belasteten Bereich. Dadurch ist durch das Vorsehen des Gewindelochs in dem Schaufelfuß dieser in seiner Festigkeit wenig beeinträchtigt.

[0021] Auf Grund der Neigung der Stellschraube um den spitzen Winkel weist die von der Stellschraube aufgebraachte Vorspannkraft eine axiale und eine radiale Komponente auf. Dies ist vorteilhaft, da dadurch sowohl die radiale Vorspannkraft als auch eine axiale Kraft zum

Arretieren der Laufschaufel in der Radscheibe aufgebracht wird. Dadurch ist sowohl eine radiale als auch eine axiale Befestigung der Laufschaufel gewährleistet. Über den Grad der Neigung der Stellschraube kann die Aufteilung der durch die Stellschraube übertragenen Kraft auf die axiale und radiale Befestigung aufgeteilt werden.

[0022] Es ist bevorzugt, dass die Abstützplatte mindestens eine Kröpfung mit einer flächigen Flanke aufweist, die derart geformt ist, dass das Schraubenende der Stellschraube stirnseitig an der flächigen Flanke anliegt. Bevorzugt ist ebenfalls die Stirnseite des Schraubenendes der Stellschraube flächig ausgebildet, so dass beim flächigen Anliegen des Schraubenendes an der Flanke die Flächenpressung gering ist. Dadurch ist eine extreme mechanische Belastung der Abstützplatte von der Stellschraube unterbunden, wodurch eine unerwünschte Verwerfung der Abstützplatte auf Grund der Einwirkung der Stellschraube nicht auftritt, so dass ein Verklemmen der Stellschraube unterbunden ist.

[0023] Bevorzugt ist, dass der Schaufelfuß das erste Gewindeloch mit der ersten Stellschraube und das zweite Gewindeloch mit der zweiten Stellschraube aufweist, wobei das erste Gewindeloch an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes nach außen mündet, so dass das erste Gewindeloch um einen ersten spitzen Winkel und das zweite Gewindeloch um einen zweiten spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weg geneigt ist.

[0024] Dadurch sind die beiden Stellschrauben zueinander entgegengesetzt geneigt angeordnet, so dass die auf die Abstützplatte aufgebraachten axialen Kraftkomponenten einander entgegenwirken. Dadurch kann vorteilhaft eine stabile Befestigung des Schaufelfußes in der Nut erzielt werden, wobei auf den Schaufelfuß eine geringe bis gar keine resultierende axiale Kraft wirkt.

[0025] Außerdem ist es bevorzugt, dass die Abstützplatte die erste Kröpfung mit der ersten Flanke, an der das Schraubenende der ersten Stellschraube anliegt, und die zweite Kröpfung mit der zweiten Flanke aufweist, an der das Schraubenende der zweiten Schraube anliegt.

[0026] Somit ist die Laufschaufel an ihrem Schaufelfuß via den Stellschrauben an den Flanken der Kröpfungen der Abstützplatte in Axialrichtung formschlüssig arretiert.

[0027] Bevorzugt ist, dass der erste Winkel und der zweite Winkel denselben Betrag haben.

[0028] Dadurch ist die Vorspanneinrichtung in der Ebene senkrecht zur Axialrichtung des Turbomaschinenrotors symmetrisch ausgebildet, so dass die Verteilung der Vorspannkraft in der Vorspanneinrichtung symmetrisch ist. Somit sind die Vorspanneinrichtung, der Schaufelfuß und die Radscheibe ausgeglichen beansprucht.

[0029] Ferner ist es bevorzugt, dass die Abstützplatte zwischen den beiden Kröpfungen einen Rückenabschnitt aufweist, der mit seiner konvexen Seite dem Schaufelfuß zugewandt ist.

[0030] Bevorzugt ist die Abstützplatte aus einem ela-

stischen Material hergestellt. Hervorgerufen durch die Vorspannkräfte, die von den Stellschrauben auf die Flanken der Kröpfungen ausgeübt werden, werden diese in Richtung zum Nutgrund gedrückt. Dadurch wird der Rückenabschnitt gekrümmt, so dass der Rückenabschnitt mit seiner konvexen Seite auf die Schaufelfußunterseite drückt. Dadurch werden die Vorspannkräfte, die die Stellschrauben auf die Abstützplatte ausüben, auf den Schaufelfuß übertragen. Somit ist die Vorspannung der Laufschaufel erhöht.

[0031] Außerdem ist es bevorzugt, dass der Rückenabschnitt vor seiner Montage vorgekrümmt ist, so dass der Rückenabschnitt im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenmotors auf die Schaufelfußunterseite drückt.

[0032] Dadurch hat die Abstützplatte eine Federwirkung in Richtung zu der Schaufelfußunterseite, wodurch eine Vorspannreserve für den Fall des Setzens, d.h., wenn sich im Betrieb der Abstand zwischen der Schaufelfußunterseite und dem Nutgrund vergrößert, geschaffen ist. Ferner ermöglicht die Vorkrümmung des Rückenabschnitts im Zusammenbauzustand einen guten Kraftschluss über den mit den Stellschrauben ausgebildeten Flächenkontakt. Über die Steifigkeit und die Dicke der Abstützplatte kann die Vorspannreserve vordefiniert werden. Durch Verstellen der Stellschrauben kann die Vorspannreserve im Zusammenbauzustand noch variiert werden.

[0033] Bevorzugt ist, dass die Abstützplatte an der ersten Kröpfung einen von dem Rückenabschnitt sich weg erstreckenden ersten Schenkelabschnitt und an der zweiten Kröpfung einen von dem Rückenabschnitt sich weg erstreckenden zweiten Schenkelabschnitt aufweist.

[0034] Dadurch ist erreicht, dass die Abstützplatte flächig und so mit geringer Flächenpressung auf dem Nutgrund abgestützt ist.

[0035] Bevorzugt weist der erste Schenkelabschnitt einen ersten Überstand und der zweite Schenkelabschnitt einen zweiten Überstand auf, wobei die Überstände aus der Nut über die Randscheibe hinaus ragen.

[0036] Dadurch ist die Abstützplatte im Zusammenbauzustand von außen mit den Überständen greifbar, so dass eine Demontage und Remontage der Laufschaufel einfach durchführbar ist.

[0037] Ferner ist es bevorzugt, dass die Überstände angewinkelt zu den Schenkelabschnitten angeordnet sind, so dass die Radscheibe mit der Abstützplatte in Eingriff steht und dadurch in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors festgehalten ist.

[0038] Dadurch ist die Abstützplatte an der Radscheibe in Axialrichtung befestigt, insbesondere auch dann, wenn beim Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors die Laufschaufel noch nicht in die Nut der Radscheibe eingesetzt ist. Somit muss beim Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors die in die Nut auf den Nutgrund gelegte Abstützplatte von außen nicht festgehalten werden, wenn in die Nut der Laufschaufelfuß eingeschoben wird. Bevorzugt kann der Überstand umgebogen oder

überschlagen werden.

[0039] Bevorzugt, ist es, dass die mindestens eine Stellschraube mit einem Sicherungsmittel gegen unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert ist.

[0040] Dadurch ist unterbunden, dass die Stellschraube sich im Betrieb des Turbomaschinenrotors versehentlich löst. Das Sicherungsmittel kann bevorzugt ein Klebstoff sein. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann die Stellschraube mit einem Körnerschlag in der Laufschaufel verstemmt werden.

[0041] Die geometrische Dimensionierung der Abstützplatte, der Stellschrauben und des Anzugsmoments ist auf die Masse der Laufschaufel anzupassen.

[0042] Die erfindungsgemäße Laufschaufel weist einen Schaufelfuß mit zwei einander gegenüberliegenden und senkrecht zur Längsachse des Schaufelfußes angeordneten Stirnseiten und einer Schaufelfußunterseite auf, wobei der Schaufelfuß ein erstes Gewindeloch und ein zweites Gewindeloch aufweist, wobei die beiden Gewindelöcher an der Schaufelfußunterseite nach außen münden, sowie das erste Gewindeloch an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes nach außen münden, so dass das erste Gewindeloch um einen ersten spitzen Winkel und das zweite Gewindeloch um einen zweiten spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt ist.

[0043] Die erfindungsgemäße Abstützplatte zum Vorspannen einer Laufschaufel eines Turbomaschinenrotors hat eine Längsrichtung und weist entlang dieser angeordnet zwei gegensinnige Kröpfungen auf, zwischen denen die Abstützplatte einen Rückenabschnitt aufweist.

[0044] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Zusammenbauen eines Turbomaschinenrotors weist auf die Schritte: Bereitstellen des Turbomaschinenrotors aufweisend die Radscheibe mit der Nut, die Laufschaufel und die Abstützplatte; Einschieben der Laufschaufel in die Nut, so dass der Schaufelfuß in die Nut eingreift und so die Laufschaufel in der Nut formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist; Einschieben der Abstützplatte in die Nut zwischen der Schaufelfußunterseite und dem Nutgrund; Einschrauben von der ersten Stellschraube in das erste Gewindeloch und der zweiten Stellschraube in das zweite Gewindeloch, bis die Stellschrauben ihre korrespondierenden Kröpfungen berühren; Anziehen der beiden Stellschrauben mit einem vorbestimmten Anzugsmoment, um die Laufschaufel in Radialrichtung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in der Nut vorzuspannen.

[0045] Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Turbomaschinenrotors und einer erfindungsgemäßen Abstützplatte anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert.

[0046] Es zeigt:

Figur 1 einen Querschnitt durch den Turbomaschinenrotor im Bereich eines Schaufelfußes,

Figur 2 einen Längsschnitt des Turbomaschinenrotors im Bereich des Schaufelfußes,

Figur 3 eine Abstützplatte im Nichteinbauzustand,

Figur 4 die Abstützplatte im Einbauzustand.

[0047] Wie es aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, weist ein Turbinenmaschinenrotor 1 eine Mehrzahl von Laufschaufeln 2 und eine Radscheibe 16 auf. Die Laufschaufeln 2 sind an dem Umfang der Radscheibe 16 befestigt, so dass eine Rotorstufe des Turbomaschinenrotors 1 gebildet ist.

[0048] Die Laufschaufel 2 ist einstückig hergestellt und weist ein Schaufelblatt 3 und einen Schaufelfuß 4 auf. Das Schaufelblatt 3 ist aerodynamisch wirksam, beispielsweise in einem Verdichter oder einer Turbine einer Turbomaschine. Der Schaufelfuß 4 dient zur Befestigung des Schaufelblatts 3 an der Radscheibe 16.

[0049] Der Schaufelfuß 4 weist in einer Ebene, die zur Drehachse des Turbomaschinenrotors senkrecht steht, einen tannenbaumprofilförmigen Querschnitt und in einer Ebene, in der die Drehachse des Turbomaschinenrotors liegt, einen rechteckigen Querschnitt auf. Der rechteckige Querschnitt des Schaufelfußes 4 ist gebildet von einer Längsseite, an die das Schaufelblatt 3 angrenzt, zwei einander sich abgewandten Stirnseiten, die jeweils senkrecht zur Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 stehen, und einer Schaufelfußunterseite 15, die im wesentlichen parallel zur Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 und dem Schaufelblatt 3 abgewendet angeordnet ist. In den Eckbereichen des Schaufelfußes 4, die im Bereich der von den Stirnseiten und der Schaufelfußunterseite 15 gebildeten Kanten liegen, weist der Schaufelfuß 4 mechanisch wenig belastete Bereiche 5 und 6 auf.

[0050] Der erste mechanisch wenig belastete Bereich 5 des Schaufelfußes 4 ist von einem ersten Gewindeloch 7 und der zweite mechanisch wenig belastete Bereich 6 des Schaufelfußes 4 ist von einem zweiten Gewindeloch 8 durchdrungen, wobei die beiden Gewindelöcher 7, 8 an der Schaufelfußunterseite 15 nach außen münden und das erste Gewindeloch 7 an der einen Stirnseite des Schaufelfußes 4 und das zweite Gewindeloch 8 an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes 4 nach außen münden. In das erste Gewindeloch 7 ist eine erste Stellschraube 9 und in das zweite Gewindeloch 8 ist eine zweite Stellschraube 10 eingeschraubt. Die erste Stellschraube 9 weist ein erstes Schraubenende 11 und die zweite Stellschraube 10 weist ein zweites Schraubenende 12 auf, wobei die Schraubenenden 11, 12 jeweils an der Schaufelfußunterseite 15 außerhalb des Schaufelfußes 4 angesiedelt sind.

[0051] Die beiden Gewindelöcher 7, 8 sowie die beiden Stellschrauben 9, 10 sind gegeneinander verschwenkt angeordnet, so dass das erste Gewindeloch 7 mit der Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 einen ersten Winkel 13 und das zweite Gewindeloch 8 mit der

Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 einen zweiten Winkel 14 einschließt. Die beiden Gewindelöcher 7, 8 sind zueinander derart angeordnet, dass die beiden Schraubenenden 11, 12 der beiden Stellschrauben 9, 10 einander zugewandt angeordnet sind. Jeweils der erste Winkel 13 und der zweite Winkel 14 sind spitze Winkel und im Betrag gleich groß.

[0052] Die Radscheibe 16 weist eine Nut 17 mit einem Nutgrund 18 auf, die mit dem Schaufelfuß 4 in Eingriff steht. Die Form der Nut 17 ist derart ausgebildet, dass sie die Längsseiten des Schaufelfußes 4 und die Schaufelfußunterseite 15 formschlüssig umschließt, so dass die Laufschaufel 2 mittels des Tannenbaumprofils des Schaufelfußes 4 in der Nut 17 in Radialrichtung und in Umfangsrichtung des Turbomaschinenrotors 1 formschlüssig gehalten ist. Die Nut 17 und der Schaufelfuß 4 sind derart ausgebildet, dass bei der Montage des Turbomaschinenrotors die Laufschaufel 2 mit ihrem Schaufelfuß 4 im Wesentlichen in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors 1 einschiebbar ist. Beim zusammengebauten Turbomaschinenrotor 1 schließen die Stirnseiten des Schaufelfußes 4 im Wesentlichen plan mit den Stirnseiten der Radscheibe 16 ab.

[0053] Die Nut 17 ist derart dimensioniert, dass zwischen dem Nutgrund 18 und der Schaufelfußunterseite 15 ein Spalt ausgebildet ist. In den Spalt ist eine Abstützplatte 19 eingesetzt, die in ihrer Mitte einen Rückenabschnitt 20 aufweist, der von einer ersten Kröpfung 21 und einer zweiten Kröpfung 22 gebildet ist. An die erste Kröpfung 21 schließt sich ein erster Schenkelabschnitt 25 und an die zweite Kröpfung 22 schließt sich ein zweiter Schenkelabschnitt 26 an, wobei die Schenkelabschnitte 25, 26 an dem Nutgrund 18 anliegen und der Rückenabschnitt 20 an der Schaufelfußunterseite 15 anliegt. Der Rückenabschnitt 20 und die Schenkelabschnitte 25, 26 sind miteinander fluchtend angeordnet.

[0054] Die erste Kröpfung 21 weist eine erste Flanke 23 und die zweite Kröpfung 22 weist eine zweite Flanke 24 auf, wobei das erste Schraubenende 11 an der ersten Kröpfung 21 und das zweite Schraubenende 12 an der zweiten Kröpfung 24 anliegt. Sowohl das erste Schraubenende 11 als auch die erste Flanke 23 sowie das zweite Schraubenende 12 als auch die zweite Flanke 24 sind flächig ausgebildet, so dass der Kontakt zwischen den Stellschrauben 10, 11 und der Abstützplatte 19 über eine Kontaktfläche hergestellt ist.

[0055] Die beiden Stellschrauben 9, 10 sind derart in ihren Gewindelöchern 7, 8 eingeschraubt und mit einem vorbestimmten Anzugsmoment angezogen, so dass von den Stellschrauben 9, 10 auf die Flanken 23, 24 und somit auf die Abstützplatte 19 jeweils eine vorbestimmte Kraft ausgeübt wird. Die Kraft hat eine Radialkomponente und eine Axialkomponente, wobei, wenn die beiden Stellschrauben 9, 10 mit demselben Anzugsmoment angezogen sind, die Axialkomponenten einander aufheben. Die Radialkomponenten bilden eine vorbestimmte Vorspannkraft, mit der der Schaufelfuß 4 in der Nut 17 vorbestimmt vorgespannt wird.

[0056] An dem ersten Schenkelabschnitt 25 ist ein erster Überstand 27 und an dem zweiten Schenkelabschnitt 26 ist ein zweiter Überstand 28 vorgesehen, wobei sich die Überstände 27, 28 aus der Nut 17 heraus über die Radscheibe 16 hinweg erstrecken. Die beiden Überstände 27, 28 sind in Richtung zur Mitte des Turbomaschinenrotors 1 zu den Schenkelabschnitten 25, 26 abgewinkelt angeordnet, so dass mit den Überständen 27, 28 die Abstützplatte 19 auf dem Nutgrund 18 liegend in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors 1 fixiert angeordnet ist.

[0057] In Figuren 3 und 4 ist die Abstützplatte 19 gezeigt, wobei der erste Überstand 27 als Verlängerung des ersten Schenkelabschnitts 25 und der zweite Überstand 28 als Verlängerung des zweiten Schenkelabschnitts 26 angeordnet sind.

[0058] In Figur 3 ist die Abstützplatte 19 im unmontierten Zustand und in Figur 4 im montierten Zustand gezeigt. Die Abstützplatte 19 ist vorgekrümmt gefertigt, so dass die Abstützplatte 19 im unmontierten Zustand eine konvexe Kontur hat. Ist die Abstützplatte 19, so wie es in der Figur 4 gezeigt ist, in die Nut 17 zusammen mit dem Schaufelfuß 4 eingebaut, so wird die Abstützplatte 19 gerade gedrückt, so dass die Abstützplatte 19 auf Grund von Federeigenschaften eine Federkraft auf den Schaufelfuß 4 ausübt.

[0059] Bei einem Verfahren zum Zusammenbauen des Turbinenmaschinenrotors 1 wird die Laufschaufel 2 in die Nut 17 im Wesentlichen in die Axialrichtung des Turbomaschinenrotors eingeschoben, bis die Stirnseiten des Schaufelfußes 4 mit den Stirnseiten der Radscheibe 16 fluchtend angeordnet sind. In dem zwischen der Schaufelfußunterseite 15 und dem Nutgrund 18 ausgebildeten Spalt wird die Abstützplatte 19 gemäß der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform geschoben, bis die beiden Überstände 27 und 28 von der Radscheibe 16 vorstehen. Dann wird die erste Stellschraube 9 in das erste Gewindeloch 7 und die zweite Stellschraube 12 in das zweite Gewindeloch 8 eingeschraubt, bis das erste Schraubenende 10 die erste Flanke 23 und das zweite Schraubenende 12 die zweite Flanke 24 berühren. Im Folgenden werden die Stellschrauben 9, 10 mit dem vorbestimmten Anzugsmoment angezogen. Dann werden die Überstände 27 und 28 in Richtung zu der Mitte der Radscheibe 16 gebogen, so dass die Überstände 27, 28 an der Radscheibe anliegen.

Patentansprüche

1. Turbomaschinenrotor, aufweisend eine Laufschaufel (2) mit einem Schaufelfuß (4), eine Radscheibe (16) mit einer Nut (17), in die der Schaufelfuß (4) eingreift, so dass die Laufschaufel (2) in der Nut (17) formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist, und eine Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28), die sowohl an der Radscheibe (16) als auch an dem

Schaufelfuß (4) abgestützt ist und auf den Schaufelfuß (4) eine Vorspannkraft in Radialrichtung ausübt, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) derart eingerichtet ist, dass die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) einstellbar ist.

2. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 1, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) mindestens eine Stellschraube (10, 11) aufweist, mit der durch Aufbringen eines vorbestimmten Anzugsmoments die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) einstellbar ist.
3. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 2, wobei in dem Schaufelfuß (4) mindestens ein Gewindeloch (7, 8) vorgesehen ist, das an der Schaufelfußunterseite (15) dem Nutgrund (18) der Nut (17) zugewandt in diese mündet, und wobei die mindestens eine Stellschraube (9, 10) in das mindestens eine Gewindeloch (7, 8) so eingeschraubt ist, dass sie an dem Schaufelfuß (4) mit ihrem Schraubenende (11, 12) vorsteht und an dem Nutgrund (18) abgestützt ist.
4. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 3, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) eine Abstützplatte (19) aufweist, die auf dem Nutgrund (18) mindestens im Bereich der einen Stellschraube (9, 10) angeordnet ist, so dass die Stellschraube (9, 10) die Abstützplatte (19) in Berührkontakt stehen.
5. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei das mindestens eine Gewindeloch (7, 8) mit seinem der Schaufelfußunterseite (15) abgewandten Ende an einer der Stirnseiten des Schaufelfußes (4) nach außen mündet, so dass das Gewindeloch (7, 8) um einen spitzen Winkel (13, 14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt ist.
6. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 5, wobei die Abstützplatte (19) mindestens eine Kröpfung (21, 22) mit einer Flanke (23, 24) aufweist, die derart geformt ist, dass das Schraubenende (11, 12) der Stellschraube (9, 10) stirnseitig flächig an der Flanke (23, 24) anliegt.
7. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei der Schaufelfuß (4) das erste Gewindeloch (7) mit der ersten Stellschraube (9) und das zweite Gewindeloch (8) mit der zweiten Stellschraube (10) aufweist, wobei das erste Gewindeloch (7) an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch (8) an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes (4) nach außen mündet, so dass das erste Gewindeloch (7) um einen ersten spitzen Winkel (13) und das zweite Ge-

- windeloch (8) um einen zweiten spitzen Winkel (14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors (1) weggeneigt ist.
8. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 7,
wobei die Abstützplatte (19) die erste Kröpfung (21) mit der ersten Flanke (23), an der das Schraubenende (11) der ersten Stellschraube (9) anliegt, und die zweite Kröpfung (22) mit der zweiten Flanke (24) aufweist, an der das Schraubenende (12) der zweiten Stellschraube (10) anliegt. 5
 9. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 7 oder 8,
wobei der erste Winkel (13) und der zweite Winkel (14) denselben Betrag haben. 10
 10. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 9,
wobei die Abstützplatte (19) zwischen den beiden Kröpfungen (21, 22) einen Rückenabschnitt (20) aufweist, der mit seiner konvexen Seite den Schaufelfuß (4) zugewandt ist. 15
 11. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 10,
wobei der Rückenabschnitt (20) vor seiner Montage vorgekrümmt ist, so dass der Rückenabschnitt (20) im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) auf die Schaufelfußunterseite (15) drückt. 20
 12. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 10 oder 11,
wobei die Abstützplatte (19) an der ersten Kröpfung (21) einen von dem Rückenabschnitt (20) sich weg- 25
erstreckenden ersten Schenkelabschnitt (25) und an der zweiten Kröpfung (22) einen von dem Rückenabschnitt (20) sich weg- 30
erstreckenden zweiten Schenkelabschnitt (26) aufweist. 35
 13. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 12,
wobei der erste Schenkelabschnitt (25) einen ersten Überstand (27) und der zweite Schenkelabschnitt (26) einen zweiten Überstand (28) aufweist, 40
wobei die Überstände (27, 28) aus der Nut (17) über die Radscheibe (16) hinausragen. 45
 14. Turbomaschinenrotor gemäß Anspruch 13,
wobei die Überstände (27, 28) abgewinkelt zu den Schenkelabschnitten (25, 26) angeordnet sind, so dass die Radscheibe (16) mit der Abstützplatte (19) in Eingriff steht und **dadurch** in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) festgehalten ist. 50
 15. Turbomaschinenrotor gemäß einem der Ansprüche 2 bis 14,
wobei die mindestens eine Stellschraube (9, 10) mit einem Sicherungsmittel gegen unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert ist. 55
 16. Laufschaufel mit einem Schaufelfuß (4) mit zwei ein-
ander gegenüberliegend angeordneten und senk-
recht zur Längsachse des Schaufelfußes angeordneten Stirnseiten und einer Schaufelfußunterseite (15),
wobei der Schaufelfuß (4) ein erstes Gewindeloch (7) und ein zweites Gewindeloch (8) aufweist,
wobei die beiden Gewindelöcher (7, 8) an der Schaufelfußunterseite (15) nach außen münden sowie das erste Gewindeloch (7) an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch (8) an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes (4) nach außen münden, so dass das erste Gewindeloch (7) um einen ersten spitzen Winkel (13) und das zweite Gewindeloch (8) um einen zweiten spitzen Winkel (14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt sind.
 17. Laufschaufel gemäß Anspruch 16,
wobei der erste Winkel (13) und der zweite Winkel (14) denselben Betrag haben.
 18. Abstützplatte zum Vorspannen einer Laufschaufel (2) eines Turbomaschinenrotors (1),
wobei die Abstützplatte (19) eine Längsrichtung hat und entlang dieser angeordnet zwei gegensinnige Kröpfungen (21, 22) aufweist, zwischen denen die Abstützplatte (19) einen Rückenabschnitt (20) aufweist.
 19. Verfahren zum Zusammenbauen eines Turbomaschinenrotors, aufweisend die Schritte:
- Bereitstellen eines Turbomaschinenrotors (1), aufweisend eine Radscheibe (16) mit einer Nut (17), einer Laufschaufel (2) gemäß Anspruch 16 oder 17 und einer Abstützplatte (19) gemäß Anspruch 19;
- Einschieben der Laufschaufel (2) in die Nut (17), so dass der Laufschaufelfuß (4) in die Nut (17) eingreift und so die Laufschaufel (2) in der Nut (17) formschlüssig in Radialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) gehalten ist;
- Einschieben der Abstützplatte (19) in die Nut (17) zwischen der Schaufelfußunterseite (15) und dem Nutgrund (18);
- Einschrauben von einer ersten Stellschraube (10) in das erste Gewindeloch (7) und einer zweiten Stellschraube (10) in das zweite Gewindeloch (8), bis die Stellschrauben (9, 10) ihre korrespondierenden Kröpfungen (21, 22) berühren;
- Anziehen der beiden Stellschrauben (9, 10) mit einem vorbestimmten Anzugsmoment, um die Laufschaufel (2) in Radialrichtung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in der Nut (17) vorzuspannen.

FIG 1

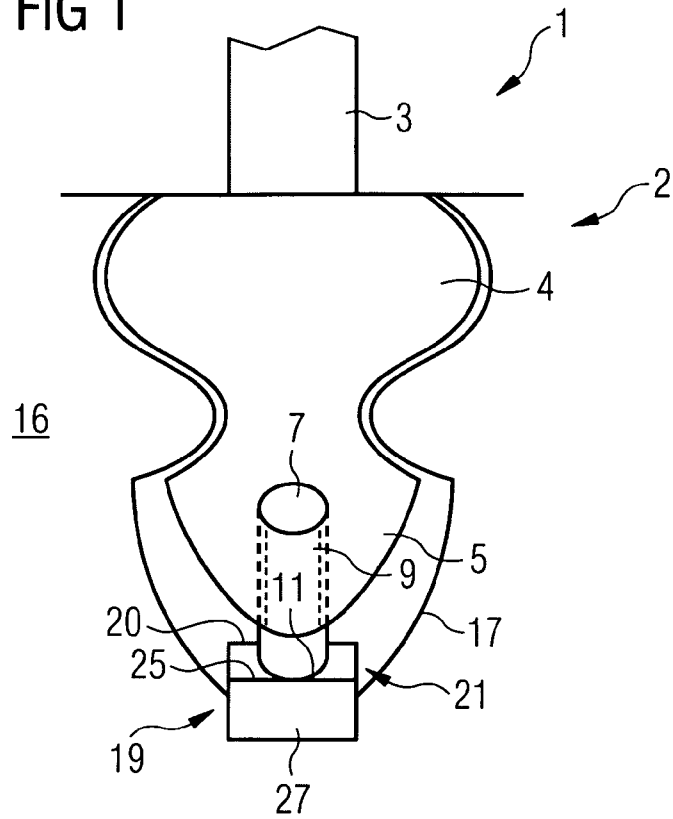


FIG 2

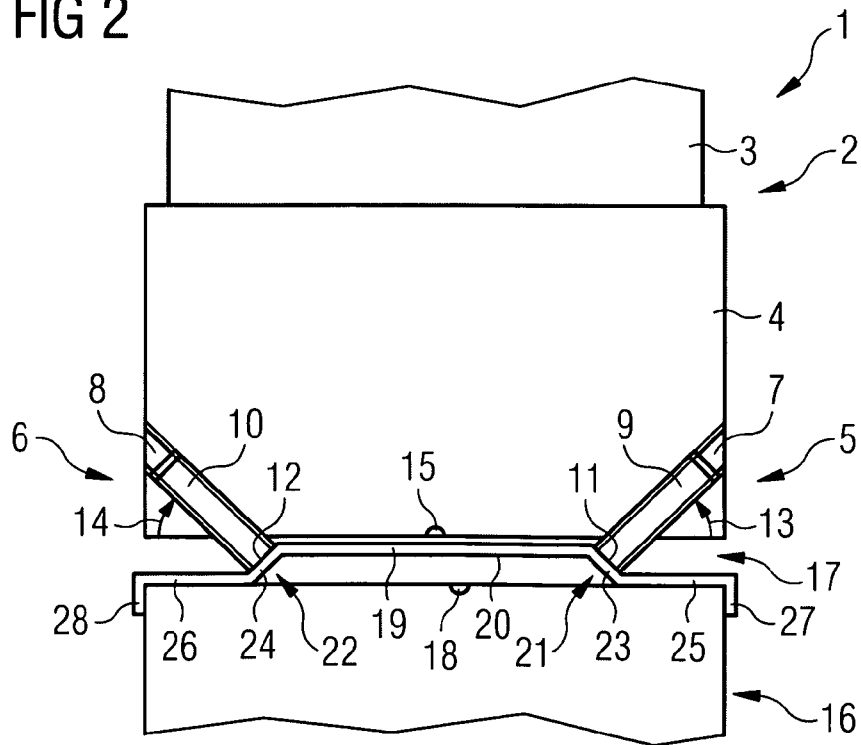


FIG 3

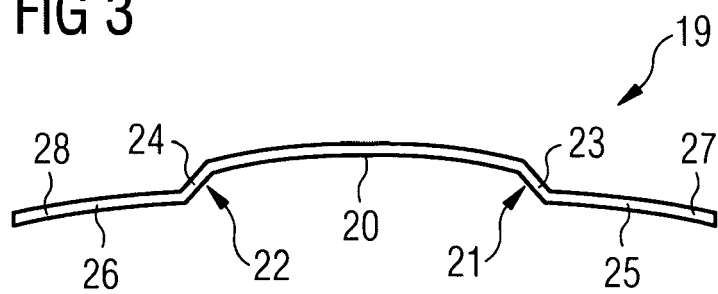
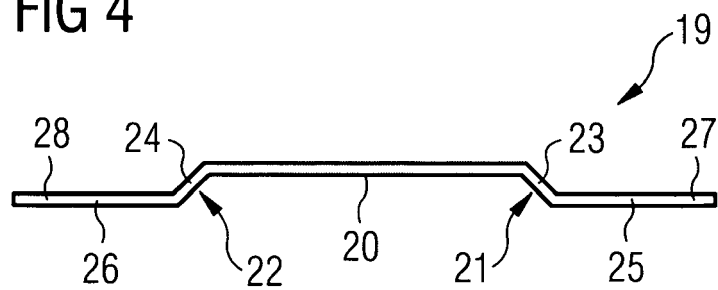


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 2768

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2 786 648 A (LEDWITH WALTER A) 26. März 1957 (1957-03-26) * Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 10 * * Abbildungen 1,2 *	18	INV. F01D5/30
X	US 4 102 602 A (ROTTENKOLBER PAUL) 25. Juli 1978 (1978-07-25) * Spalte 2, Zeile 48 - Zeile 50 * * Abbildung 2 *	18	
X	US 5 123 813 A (PRZYTULSKI JAMES C [US] ET AL) 23. Juni 1992 (1992-06-23) * Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 9 * * Spalte 5, Zeile 45 - Zeile 48 * * Abbildungen 2B,7 *	1,2,15	
X	DE 834 408 C (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG) 20. März 1952 (1952-03-20) * Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 5 * * Spalte 1, Zeile 25 - Zeile 26 * * Abbildung 1 * * Spalte 1, Zeile 29 - Zeile 30 *	1,2,15	
E	EP 1 905 957 A (SIEMENS AG [DE]) 2. April 2008 (2008-04-02) * Spalte 1, Zeile 39 - Zeile 41 * * Absatz [0002] * * Absatz [0003] * * Absatz [0012] * * Abbildungen 2,4,5 *	1,2	
A	DE 11 56 419 B (SIEMENS AG) 31. Oktober 1963 (1963-10-31) * Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 12 * * Spalte 1, Zeile 26 * * Abbildungen 1,5,6 *	16,17	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Juli 2008	Prüfer Rapenne, Lionel
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	

8
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 2768

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 3 219 314 A (ALEXANDER PETRIE JAMES) 23. November 1965 (1965-11-23) * Abbildung 2 *	1-3	
A	US 5 713 721 A (GLYNN CHRISTOPHER C [US] ET AL) 3. Februar 1998 (1998-02-03) * Abbildung 9a *	1-3,16,17	
A	US 5 984 639 A (GEKHT EUGENE [CA] ET AL) 16. November 1999 (1999-11-16) * Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 8 * * Spalte 2, Zeile 53 - Zeile 56 * * Abbildungen 1,4 *	1,2,15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Juli 2008	Prüfer Rapenne, Lionel
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 Patentedokument, 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	

8
EPO FORM 1503 (03.02) (P04C03)

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

EP 08 00 2768

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

04-07-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2786648 A	26-03-1957	KEINE	
US 4102602 A	25-07-1978	DE 2639200 A1	09-03-1978
US 5123813 A	23-06-1992	KEINE	
DE 834408 C	20-03-1952	KEINE	
EP 1905957 A	02-04-2008	WO 2008037661 A1	03-04-2008
DE 1156419 B	31-10-1963	CH 387659 A NL 257669 A	15-02-1965
US 3219314 A	23-11-1965	DE 1287365 B GB 992973 A	16-01-1969 26-05-1965
US 5713721 A	03-02-1998	KEINE	
US 5984639 A	16-11-1999	CA 2335350 A1 WO 0003125 A1 DE 69911025 D1 DE 69911025 T2 EP 1095208 A1 JP 2002520532 T RU 2213229 C2	20-01-2000 20-01-2000 09-10-2003 01-04-2004 02-05-2001 09-07-2002 27-09-2003

EPO FORM P0461

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