



## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Technik von axial durchströmten Turbomaschinen. Sie betrifft einen Rotor für eine axial durchströmte Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Laufschaufel für einen solchen Rotor.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Stationäre Gasturbinen hoher Leistung sind seit längerer Zeit ein wesentlicher Bestandteil von Kraftwerken, speziell Kombikraftwerken. Fig. 1 zeigt in perspektivischer, teilweise geschnittener Ansicht ein Beispiel für eine solche Gasturbine, die von der Anmelderin angeboten wird und unter der Typenbezeichnung GT26<sup>®</sup> bekannt ist.

**[0003]** Die Gasturbine 10 der Fig. 1 ist mit einer sogenannten sequentiellen Verbrennung ausgestattet. Sie umfasst einen mehrstufigen Verdichter 12, der Luft über einen Lufteinlass 15 ansaugt und verdichtet. Die verdichtete Luft wird in einer nachfolgenden ersten ringförmigen Brennkammer 14a teilweise zur Verbrennung eines eingedüsten Brennstoffs benutzt. Das entstehende Heissgas durchströmt eine erste Turbine 13a und tritt dann in eine zweite Brennkammer 14b ein, wo die restliche Luft zur Verbrennung eines wiederum eingedüsten Brennstoffs eingesetzt wird. Der aus der zweiten Brennkammer 14b kommende Heissgasstrom wird in einer zweiten Turbine 13b unter Arbeitsleistung entspannt und tritt aus der Gasturbine 10 durch einen Abgasauslass 16 aus, um nach aussen abgegeben oder - in einem Kombikraftwerk - zur Erzeugung von Dampf eingesetzt zu werden.

**[0004]** Der Verdichter 12 und die beiden Turbinen 13a, 13b weisen Sätze von um die Achse 30 rotierenden Laufschaufeln auf, die zusammen mit am umgebenden Stator befestigten Leitschaufeln die Beschaukelung der Maschine bilden. Alle Laufschaufeln sind auf einem gemeinsamen, um die Achse drehbaren Rotor 11 angeordnet und an der Rotorwelle mittels dafür vorgesehener Rotornuten lösbar befestigt. Spezielle Aufmerksamkeit kommt dabei den letzten Stufen 12a des Verdichters 12 zu, in denen die verdichtete Luft Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius erreicht.

**[0005]** Aus dem Stand der Technik (siehe z.B. die WO-A1-2005/054682) ist es bekannt, gemäss Fig. 2 die Laufschaufeln 17 der letzten Stufen 12a des Verdichters 12 mit einem als Hammerfuss ausgebildeten Schauffelfuss 18 zu versehen und mit dem Schauffelfuss 18 in eine um die Achse umlaufende Rotornut 19 einzuschieben und dort zu halten. Der Schauffelfuss 18 stützt sich an in radialer Richtung weiter aussen liegenden radialen Anschlagflächen 25 der Rotornut 19 gegen auf die Laufschaufel 17 wirkende Fliehkräfte ab. Desgleichen stützt er sich an in radialer Richtung weiter innen liegenden

axialen Anschlagflächen 20 gegen auf die Laufschaufel 17 wirkende axiale Kräfte ab. Zwischen den radialen Anschlagflächen 25 und den axialen Anschlagflächen 20 ist dabei jeweils ein Freistich vorgesehen. Am Boden der Rotornut 19 ist eine Feder 22 vorgesehen, welche die Laufschaufel 17 während der Montage in radialer Richtung fixiert.

**[0006]** Im Zuge der fortlaufenden Energie- und Umweltdiskussionen besteht der anhaltende Wunsch, Leistung, Effizienz, Verbrennungstemperatur und/oder Massendurchfluss derartiger Maschinen zu erhöhen. Eine Erhöhung der abgegebenen Leistung kann unter anderem dadurch erreicht werden, dass der Verdichter verbessert wird.

**[0007]** Eine Leistungssteigerung der Gasturbine ist mit einer Erhöhung des Massendurchflusses durch den Verdichter verbunden, die zu einer höheren Gastemperatur in den letzten Verdichterstufen 12a führt. Die zeitgemässe, fortschrittliche aerodynamische Auslegung der Schaufelblätter des Verdichters erfordert grössere axiale Sehnenlängen, was zu einem grösseren Abstand zwischen den Rotornuten 19 führt.

**[0008]** Beides zusammen verursacht deutlich erhöhte thermische Spannungen in den Kerben am Boden der Rotornuten in den hinteren Verdichterstufen während des Starts der Maschine, weil sich das Zentrum des Rotorkörpers noch auf einer niedrigen Temperatur ( $T_1$  in Fig. 2) befindet, während der Aussenbereich bereits der hohen Volllasttemperatur ( $T_2$  in Fig. 2) ausgesetzt ist und so hohe thermische Spannungen im Material entstehen.

**[0009]** In einem anderen Zusammenhang, nämlich bei Laufschaufeln von Gasturbinen mit einem schwalbenschwanzförmigen Schauffelfuss, der an schräg stehenden Anschlagflächen in der Rotornut anliegt und aufgrund der Reibung Scherkräfte auf die Seitenwände der Nut ausübt, ist vorgeschlagen worden, zum Abbau der reibungsbedingten Spannungen unterhalb der Anschlagflächen Hohlkehlen in die Rotornut einzubringen (siehe die US-A-5141401). Thermische Spannungen spielen dabei allerdings keine Rolle.

**[0010]** Im Zusammenhang mit Massnahmen zur Verringerung der Spannungen im Bereich der Rotornut wiederholt EP-A1-1703080 den massgeblichen Einfluss der Querschnittskontur der Nut auf den Spannungsverlauf innerhalb des Rotors. In diesem Zusammenhang wird dort angeregt, dem Nutboden eine elliptische Querschnittskontur aufzuerlegen.

**[0011]** Eine dergestalt ausgebildete Rotornut weist an ihrem Boden zur Reduzierung thermischer Spannungen einen in axialer und radialer Richtung erweiterten Bodenbereich 23 mit einer stetig gekrümmten Querschnittskontur auf, der sich durch einen grossen Krümmungsradius im Bereich der Mittelebene 33 auszeichnet und spiegelsymmetrisch zur Mittelebene 33 ausgebildet ist.

**[0012]** Wenn bei einer derart veränderten Rotornutgeometrie der Schauffelfuss 18 der Laufschaufel 17 in seinem Design beibehalten werden sollte, müsste der Hammerkopf des Schauffelfusses 18 gemäss Fig. 3 um

das schraffiert dargestellte Zusatzvolumen 24 vergrößert werden, was zu einer deutlichen Erhöhung der Masse der Laufschaufel 17 und damit zur Vergrößerung der an der Rotornut 21 angreifenden Zentrifugalkräfte führen würde.

#### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0013]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, den Rotor bzw. die am Rotor eingesetzten Laufschaufeln so auszubilden, dass die Vorteile einer Rotornutgeometrie mit erweitertem Bodenbereich und grossem Krümmungsradius ohne anderweitige Nachteile ausgeschöpft werden können.

**[0014]** Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 8 gelöst. Grundgedanke der Erfindung ist dabei, dass die Rotornut an ihrem Boden zur Reduzierung thermischer Spannungen in an sich bekannter Weise einen in axialer und radialer Richtung erweiterten Bodenbereich mit einer stetig gekrümmten Querschnittskontur aufweist, und der Schaufelfuss der Laufschaufeln in radialer Richtung an den erweiterten Bodenbereich angepasst ist.

**[0015]** Gemäss einer Ausgestaltung der Erfindung ist der erweiterte Bodenbereich spiegelsymmetrisch zu einer durch die Rotornut gehenden, senkrecht zur Achse stehenden Mittelebene ausgebildet und der Krümmungsradius der Querschnittskontur des Bodenbereichs nimmt dabei von der Mittelebene ausgehend zum Rand hin ab.

**[0016]** Eine andere Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der erweiterte Bodenbereich in axialer Richtung eine vorgegebene maximale Breite aufweist, dass die radialen Anschlagflächen in axialer Richtung einen vorgegebenen minimalen Abstand aufweisen, und dass das Verhältnis von minimalem Abstand zu maximaler Breite zwischen 0,1 und 0,6 beträgt, d.h.  $0,1 < d_5/d_1 < 0,6$ .

**[0017]** Dabei ist es von Vorteil, wenn der erweiterte Bodenbereich relativ zu den radialen Anschlagflächen eine vorgegebene erste maximale Tiefe aufweist, der erweiterte Bodenbereich relativ zu den inneren Kanten der axialen Anschlagflächen eine vorgegebene zweite maximale Tiefe aufweist, und das Verhältnis von zweiter maximaler Tiefe zu erster maximaler Tiefe zwischen 0,4 und 0,9 beträgt, d.h.  $0,4 < d_3/d_4 < 0,9$ .

**[0018]** Besonders günstig ist es, wenn in axialer Richtung mehrere gleichartige Rotornuten um einen vorgegebenen Abstand versetzt vorgesehen sind, und das Verhältnis von maximaler Breite zu Abstand zwischen 0,5 und 0,8 beträgt, d.h.  $0,5 < d_1/d_2 < 0,8$ .

**[0019]** Nach einer weiteren Ausführungsart der Erfindung ist der Schaufelfuss unterhalb des Hammerkopfs zur Überbrückung der radialen Erweiterung des erweiterten Bodenbereichs in radialer Richtung verlängert.

**[0020]** Vorzugsweise ist zur Verlängerung des Schaufelfusses ein sich in radialer Richtung erstreckender Verlängerungsbolzen vorgesehen. Der vergleichsweise

schlanke Verlängerungsbolzen überbrückt den Abstand, ohne unnötig Masse zur Laufschaufel hinzuzufügen.

**[0021]** Es ist dabei herstellungstechnisch von Vorteil, wenn der Verlängerungsbolzen am Hammerkopf angeformt ist.

**[0022]** Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn am Übergang zwischen dem Verlängerungsbolzen und dem Hammerkopf zur Sicherstellung eines stetigen Übergangs eine gekrümmte Übergangsfläche vorgesehen ist.

**[0023]** Alternativ kann vorgesehen sein, den Verlängerungsbolzen als separates Teil auszubilden und dieses mit dem Hammerkopf zu verbinden.

**[0024]** Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Verlängerungsbolzen mittels Verschrauben oder Verschweissen an dem Hammerkopf zu befestigen.

**[0025]** Die Masse der Laufschaufel kann darüber hinaus weiter verringert werden, wenn im Schaufelfuss massereduzierende Ausnehmungen vorgesehen sind.

**[0026]** Vorzugsweise erstrecken sich die Ausnehmungen über den Hammerkopf und den Verlängerungsbolzen.

**[0027]** Obgleich vorzugsweise in Umfangsrichtung verlaufend, können sich diese Ausnehmungen auch in anderer, beispielsweise radialer Richtung erstrecken.

**[0028]** Eine Ausgestaltung des Rotors nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem unteren Ende des Verlängerungsbolzens und dem Boden des erweiterten Bodenbereichs ein Zwischenraum frei bleibt, und dass in dem freien Zwischenraum eine Feder angeordnet ist, welche die Laufschaufel mit dem Schaufelfuss in radialer Richtung gegen die radialen Anschlagflächen drückt. Eine andere Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Hammerkopf eine vorgegebene Höhe hat, dass der Verlängerungsbolzen eine vorgegebene radiale Länge hat, und dass das Verhältnis von Höhe zu Länge zwischen 0,2 und 0,8 liegt, d.h.  $0,2 < d_2/d_1 < 0,8$ .

**[0029]** Eine weitere Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der Hammerkopf eine vorgegebene erste axiale Breite hat, dass der Verlängerungsbolzen eine vorgegebene zweite axiale Breite hat, und dass das Verhältnis von zweiter zu erster axialer Breite zwischen 0,2 und 0,6 liegt, d.h.  $0,2 < d_4/d_3 < 0,6$ .

#### KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

**[0030]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 in einer perspektivischen, teilweise geschnittenen Ansicht eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, wie sie zur Realisierung der Erfindung geeignet ist;

Fig. 2 den Längsschnitt durch den Rotor einer bekannten Gasturbine im Bereich der letzten Stufen des Verdichters mit der zugehörigen Befeh-

- stigung der Laufschaufeln;
- Fig. 3 zwei benachbarte gleichartige Rotornuten mit erweitertem Bodenbereich und stetig gekrümmter Querschnittskontur in vergrößerter Darstellung mit den zugehörigen Abmessungen;
- Fig. 4 eine mögliche Anpassung des Schaufelfusses an die veränderte Rotornutgeometrie;
- Fig. 5 die Darstellung einer angepassten Laufschaufel für die geänderte Rotornutgeometrie aus Fig. 3 gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 6 die in die Rotornut aus Fig. 3 eingesetzte angepasste Laufschaufel aus Fig. 5; und
- Fig. 7 Darstellung einer angepassten Laufschaufel für die geänderte Rotornutgeometrie aus Fig. 3 in einer zu Fig. 5 alternativen Ausführungsart.

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0031]** Fig. 4 zeigt den zu Fig. 2 vergleichbaren Längsschnitt durch den Rotor 11 einer Gasturbine im Bereich der letzten Stufen des Verdichters gemäss der Erfindung. Ein Vergleich der Fig. 2 und 4 zeigt, dass der obere Abschnitt der Rotornut 21 gegenüber der bekannten Rotornutgeometrie aus Fig. 2 unverändert bleibt. Entsprechend bleiben die radialen und axialen Anschlagflächen 25 und 20 praktisch unverändert. Damit kann in diesem Bereich auf die bewährte Auslegung zurückgegriffen werden.

**[0032]** Neu ist hingegen der erweiterte Bodenbereich 23 der Rotornut 21. Der erweiterte Bodenbereich zeichnet sich dadurch aus, dass die Querschnittskontur des Bodenbereichs 23 stetig gekrümmt ist, und dass der Krümmungsradius der Querschnittskontur des Bodenbereichs 23 im Bereich der Mittelebene sehr gross ist und von der Mittelebene ausgehend zum Rand hin stark abnimmt. Die Querschnittskontur ist spiegelsymmetrisch zur Mittelebene.

**[0033]** Der erweiterte Bodenbereich 23 erweitert sich unmittelbar unterhalb der axialen Anschlagflächen 20 beidseitig in axialer Richtung nach Art eines Freistichs. Er weist, wie Fig. 3 zeigt, in axialer Richtung eine vorgegebene maximale Breite  $d_1$  auf, während die radialen Anschlagflächen 25 in axialer Richtung einen vorgegebenen minimalen Abstand  $d_5$  haben. Besonders günstig ist es, wenn das Verhältnis von minimalem Abstand  $d_5$  zu maximaler Breite  $d_1$  zwischen 0,1 und 0,6 beträgt, d.h. wenn die Ungleichung  $0,1 < d_5/d_1 < 0,6$  gilt.

**[0034]** Relativ zu den radialen Anschlagflächen 25 weist der erweiterte Bodenbereich 23 eine vorgegebene erste maximale Tiefe  $d_4$  auf. Relativ zu den inneren Kanten der axialen Anschlagflächen 20 weist er eine vorge-

gebene zweite maximale Tiefe  $d_3$  auf. Besonders günstig ist es, wenn das Verhältnis von zweiter maximaler Tiefe  $d_3$  zu erster maximaler Tiefe  $d_4$  zwischen 0,4 und 0,9 beträgt, d.h. wenn die Ungleichung  $0,4 < d_3/d_4 < 0,9$  gilt.

**[0035]** Eine weitere Ungleichung betrifft den Versatz der Rotornuten zueinander. Wenn in axialer Richtung mehrere gleichartige Rotornuten 21 um einen vorgegebenen Abstand  $d_2$  versetzt zueinander vorgesehen sind, ist es von Vorteil, wenn das Verhältnis von maximaler Breite  $d_1$  zu Abstand  $d_2$  zwischen 0,5 und 0,8 beträgt, d.h. die Ungleichung  $0,5 < d_1/d_2 < 0,8$  gilt.

**[0036]** Es liessen sich grundsätzlich die bisherigen Laufschaufeln mit ihren Schaufelfüssen 18 unverändert übernehmen und in die erweiterten Rotornuten 21 einsetzen. Allerdings müsste dann aufgrund des erweiterten Bodenbereichs 23 der Schaufelfuss 18 mit einem Zusatzvolumen 24 versehen werden, wie Fig. 4 zeigt, was aber zu unerwünschten Nebeneffekten führen würde.

**[0037]** Es wird daher eine Anpassung des Schaufelfusses an die veränderte Rotornutgeometrie bevorzugt, die beispielhaft in Fig. 5, 6 und 7 wiedergegeben ist. Die Laufschaufel 26 der Fig. 5 und 6 weist einen Schaufelfuss 27 auf, der im oberen Abschnitt, der bis zu den axialen Anschlagflächen reicht, im Wesentlichen genauso ausgebildet ist, wie der Schaufelfuss 18 aus Fig. 2. Neu ist dagegen die am Hammerkopf 32 ansetzende radiale Verlängerung nach unten mittels eines an den Hammerkopf 32 angeformten Verlängerungsbolzens 29, der schmaler ist (Breite  $d_4$ ) als der Hammerkopf 32 (Breite  $d_3$ ). Die radiale Länge ( $d_1$ ) des Verlängerungsbolzens 29 ist deutlich grösser als die Höhe ( $d_2$ ) des Hammerkopfs 32.

**[0038]** Ist der Verlängerungsbolzen 29 unmittelbar an dem Hammerkopf 32 angeformt, so ist am Übergang zwischen dem Verlängerungsbolzen 29 und dem Hammerkopf 32 zur Sicherstellung eines stetigen Übergangs vorzugsweise eine gekrümmte Übergangsfläche 28 vorgesehen.

**[0039]** Als eine kostengünstige Alternative für die axiale Verlängerung des Schaufelfusses 18 bietet es sich an, den Verlängerungsbolzen 29 als ein separates Teil auszubilden und jenes mit dem Hammerkopf 32 zu verbinden. Als den Anforderungen des praktischen Betriebs genügende Verbindungsverfahren haben sich dabei ein Anschrauben oder Anschweissen erwiesen. So kann der Hammerkopf 32 am Boden 34 im Bereich der Mittelebene 33 mit einer Gewindebohrung 35 ausgestattet sein. Mit Hilfe eines angeformten Gewindebolzens 36 ist der Verlängerungsbolzen 29 in den Schaufelfuss 18 eingeschraubt, wie dies in Fig. 7 beispielhaft skizziert ist.

**[0040]** Des Weiteren sind im Schaufelfuss 18, 27 eine oder mehrere massereduzierende Ausnehmungen 31 vorgesehen, die als kreisrundes, ellipsenförmiges oder anderweitig geformtes Loch oder Schlitz in einfacher oder mehrfacher Ausführung ausgeführt sein können. Die Ausnehmung(en) 31 erstreckt bzw. erstrecken sich in radialer Richtung vorzugsweise über den Hammerkopf 32 und den Verlängerungsbolzen 29. Dabei verläuft oder

verlaufen diese Ausnehmung(en) 31 vorzugsweise, aber nicht zwingend, in Umfangsrichtung, wie in Fig. 5, 6 und 7 dargestellt. Andere geeignete Richtungsverläufe und Ausführungsformen massereduzierender Ausnehmungen 31 sind aber ebenfalls denkbar, so beispielsweise in Gestalt radial in den Schaufelfuss 27 eingebrachter Bohrungen.

**[0041]** Das Verhältnis von Höhe ( $d_2$ ) des Hammerkopfs 32 zu Länge ( $d_1$ ) des Verlängerungsbolzens 29 liegt vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,8, d.h. es gilt die Ungleichung  $0,2 < d_2/d_1 < 0,8$ .

**[0042]** Das Verhältnis von axialer Breite ( $d_4$ ) des Verlängerungsbolzens 29 zu axialer Breite ( $d_3$ ) des Hammerkopfs 32 liegt vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,6, d.h. es gilt die Ungleichung  $0,2 < d_4/d_3 < 0,6$ .

**[0043]** Insgesamt zeichnet sich die Erfindung durch folgende Merkmale und Vorteile aus:

- Der Schaufelfuss umfasst als radiale Verlängerung einen Verlängerungsbolzen mit den Abmessungen  $0,2 < d_2/d_1 < 0,8$  und  $0,2 < d_4/d_3 < 0,6$ , um die Feder 22 für die Montage einsetzen zu können. Der Verlängerungsbolzen 29 kann an den Rändern gefast sein, um zusätzlich Gewicht einzusparen.
- Die Übergangflächen zwischen Verlängerungsbolzen und Hammerkopf sind vorzugsweise gekrümmt, um mechanische Spannungen zu reduzieren.
- Im Bereich des Hammerkopfes und Verlängerungsbolzens sind Ausnehmungen, insbesondere Löcher oder Schlitze vorgesehen, um das Gewicht bzw. die Masse zu reduzieren.

## BEZUGSZEICHENLISTE

### [0044]

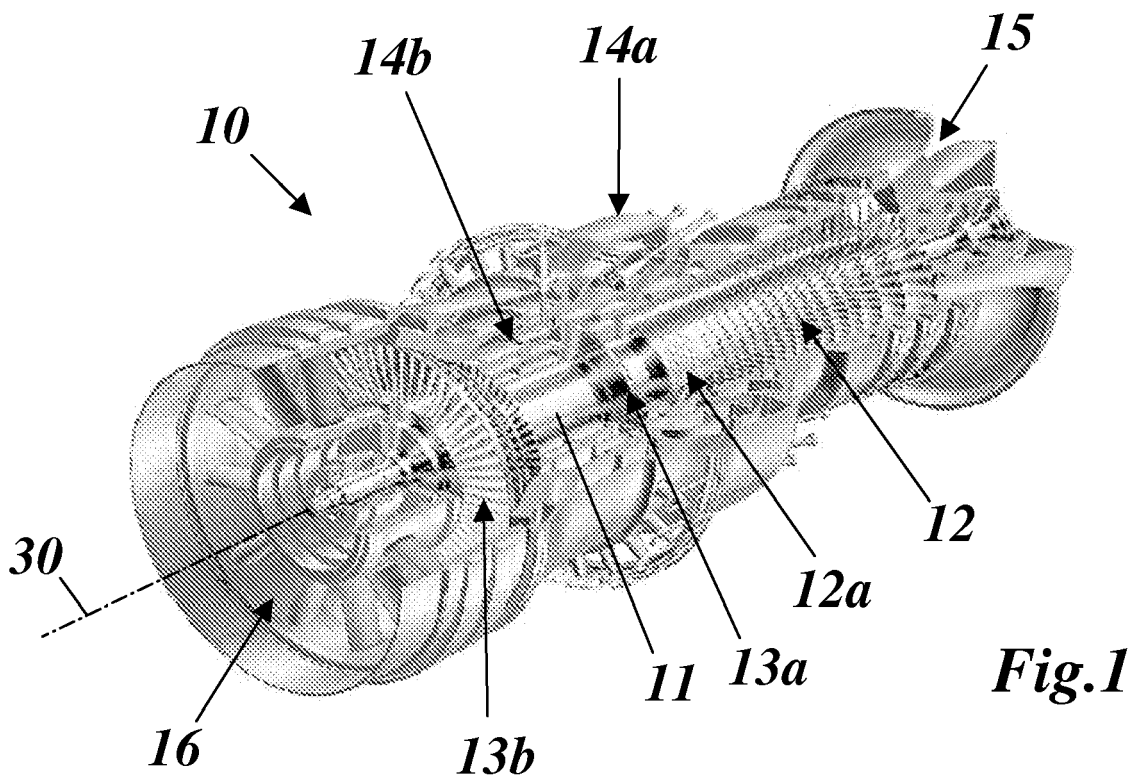
10	Gasturbine
11	Rotor
12	Verdichter
12a	letzte Verdichterstufen
13a, 13b	Turbine (HP, LP)
14a, 14b	Brennkammer
15	Lufteinlass
16	Abgasauslass
17, 26	Laufschaufel, Laufschaufelblatt
18, 27	Schaufelfuss
19, 21	Rotornut
20	Anschlagfläche (axial)
22	Feder
23	Bodenbereich (erweitert)
24	Zusatzvolumen
25	Anschlagfläche (radial)
28	Übergangsfläche (gekrümmt)
29	Verlängerungsbolzen
30	Rotorachse
31	Ausnehmung
32	Hammerkopf
33	Mittelebene

34	Schaufelfussboden
35	Gewindebohrung
36	Gewindebolzen
$d_1, \dots, d_4$	Abstand

## Patentansprüche

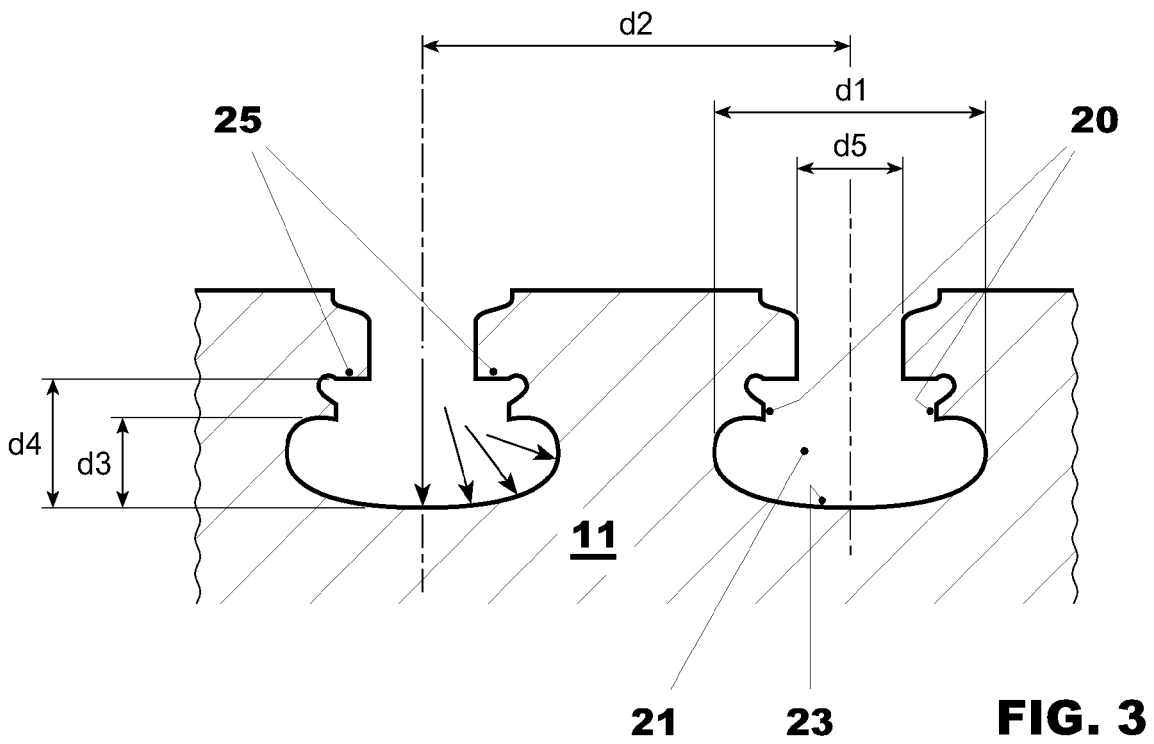
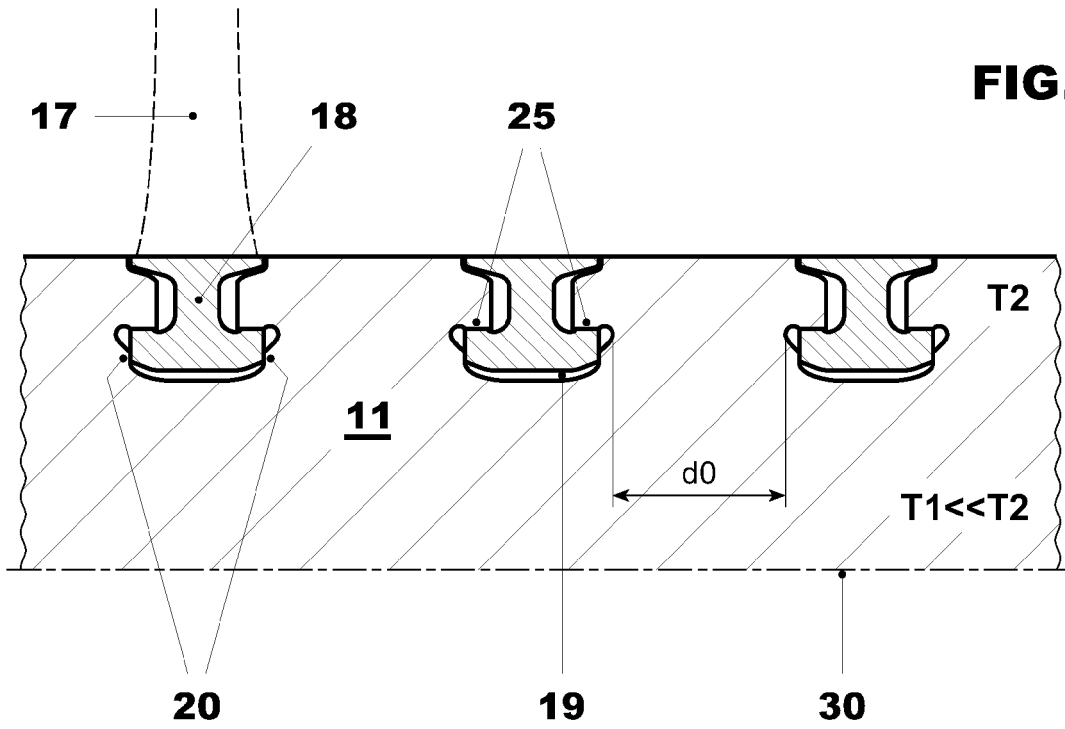
1. Rotor (11) für eine axial durchströmte Turbomaschine, welcher Rotor (11) eine Mehrzahl von Laufschaufeln (26) trägt, die jeweils mit einem Schaufelfuss (27) in eine um die Achse (30) umlaufende Rotornut (21) eingeschoben sind und dort gehalten werden, wobei der Schaufelfuss (27) einen Hammerfuss mit einem Hammerkopf (32) umfasst und sich an in radialer Richtung weiter aussen liegenden radialen Anschlagflächen (25) der Rotornut (21) gegen auf die Laufschaufel (26) wirkende Fliehkräfte abstützt und sich an in radialer Richtung weiter innen liegenden axialen Anschlagflächen (20) gegen auf die Laufschaufel (26) wirkende axiale Kräfte abstützt, wobei die Rotornut (21) an ihrem Boden zur Reduzierung thermischer Spannungen einen in axialer und radialer Richtung erweiterten Bodenbereich (23) mit einer stetig gekrümmten Querschnittskontur aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelfuss (27) der Laufschaufeln (26) in radialer Richtung an den erweiterten Bodenbereich (23) angepasst ist.
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erweiterte Bodenbereich (23) spiegelsymmetrisch zu einer durch die Rotornut (21) gehenden, senkrecht zur Achse (30) stehenden Mittelebene ausgebildet ist und der Krümmungsradius der Querschnittskontur des Bodenbereichs (23) von der Mittelebene ausgehend zum Rand hin abnimmt.
3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erweiterte Bodenbereich (23) in axialer Richtung eine vorgegebene maximale Breite ( $d_1$ ) aufweist, dass die radialen Anschlagflächen (25) in axialer Richtung einen vorgegebenen minimalen Abstand ( $d_5$ ) aufweisen, und dass das Verhältnis von minimalem Abstand ( $d_5$ ) zu maximaler Breite ( $d_1$ ) zwischen 0,1 und 0,6 beträgt, d.h.  $0,1 < d_5/d_1 < 0,6$ , dass der erweiterte Bodenbereich (23) relativ zu den radialen Anschlagflächen (25) eine vorgegebene erste maximale Tiefe ( $d_4$ ) aufweist, dass der erweiterte Bodenbereich (23) relativ zu den inneren Kanten der axialen Anschlagflächen (25) eine vorgegebene zweite maximale Tiefe ( $d_3$ ) aufweist, und dass das Verhältnis von zweiter maximaler Tiefe ( $d_3$ ) zu erster maximaler Tiefe ( $d_4$ ) zwischen 0,4 und 0,9 beträgt, d.h.  $0,4 < d_3/d_4 < 0,9$ .
4. Rotor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in axialer Richtung mehrere gleichartige Ro-

- tornuten (21) um einen vorgegebenen Abstand ( $d_2$ ) versetzt vorgesehen sind, und dass das Verhältnis von maximaler Breite ( $d_1$ ) zu Abstand ( $d_2$ ) zwischen 0,5 und 0,8 beträgt, d.h.  $0,5 < d_1/d_2 < 0,8$ .
- 5
5. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Schaufelfuss (27) unterhalb des Hammerkopfs (32) zur Überbrückung der radialen Erweiterung des erweiterten Bodenbereichs (23) ein sich in radialer Richtung erstreckender Verlängerungsbolzen (29) angeformt ist.
- 10
6. Rotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem unteren Ende des Verlängerungsbolzens (29) und dem Boden des erweiterten Bodenbereichs (23) ein Zwischenraum frei bleibt, und dass in dem freien Zwischenraum eine Feder (22) angeordnet ist, welche die Laufschaufel (26) mit dem Schaufelfuss (27) in radialer Richtung gegen die radialen Anschlagflächen (25) drückt.
- 15
7. Rotor nach einem der Ansprüche 8 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hammerkopf (32) eine vorgegebene Höhe ( $d_2$ ) hat, dass der Verlängerungsbolzen (29) eine vorgegebene radiale Länge ( $d_1$ ) hat, und dass das Verhältnis von Höhe zu Länge ( $d_2/d_1$ ) zwischen 0,2 und 0,8 liegt, d.h.  $0,2 < d_2/d_1 < 0,8$ , dass der Hammerkopf (32) eine vorgegebene erste axiale Breite ( $d_3$ ) hat, dass der Verlängerungsbolzen (29) eine vorgegebene zweite axiale Breite ( $d_4$ ) hat, und dass das Verhältnis von zweiter zu erster axialer Breite ( $d_4/d_3$ ) zwischen 0,2 und 0,6 liegt, d.h.  $0,2 < d_4/d_3 < 0,6$ .
- 20
8. Laufschaufel (26) für einen Rotor nach Anspruch 1, welche Laufschaufel (26) einen als Hammerfuss ausgebildeten Schaufelfuss (27) mit einem Hammerkopf (32) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelfuss (27) unterhalb des Hammerkopfs (32) zur Überbrückung der radialen Erweiterung des erweiterten Bodenbereichs (23) der Rotornut (21) in radialer Richtung verlängert ist.
- 25
9. Laufschaufel nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verlängerung des Schaufelfusses (27) ein sich in radialer Richtung erstreckender Verlängerungsbolzen (29) vorgesehen ist.
- 30
10. Laufschaufel nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlängerungsbolzen (29) am Hammerkopf (32) angeformt ist.
- 35
11. Laufschaufel nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Übergang zwischen dem Verlängerungsbolzen (29) und dem Hammerkopf (32) zur Sicherstellung eines stetigen Übergangs eine gekrümmte Übergangsfläche (28) vorgesehen ist.
- 40
12. Laufschaufel nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlängerungsbolzen (29) als ein separates Teil ausgebildet ist und mit dem Hammerkopf (32) verbunden ist.
- 45
13. Laufschaufel nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlängerungsbolzen (29) an den Hammerkopf (32) angeschraubt ist.
- 50
14. Laufschaufel nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlängerungsbolzen (29) mit dem Hammerkopf (32) verschweisst ist.
- 55
15. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schaufelfuss (27) massereduzierende Ausnehmungen (31) vorgesehen sind.
16. Laufschaufel nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Ausnehmungen (31) über den Hammerkopf (32) und den Verlängerungsbolzen (29) erstrecken.
17. Laufschaufel nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Ausnehmungen (31) in Umfangsrichtung erstrecken.
18. Laufschaufel nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Ausnehmungen (31) in radialer Richtung erstrecken.
19. Laufschaufel nach einem der Ansprüche 9 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hammerkopf (32) eine vorgegebene Höhe ( $d_2$ ) hat, dass der Verlängerungsbolzen (29) eine vorgegebene radiale Länge ( $d_1$ ) hat, und dass das Verhältnis von Höhe zu Länge ( $d_2/d_1$ ) zwischen 0,2 und 0,8 liegt, d.h.  $0,2 < d_2/d_1 < 0,8$ .
20. Laufschaufel nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hammerkopf (32) eine vorgegebene erste axiale Breite ( $d_3$ ) hat, dass der Verlängerungsbolzen (29) eine vorgegebene zweite axiale Breite ( $d_4$ ) hat, und dass das Verhältnis von zweiter zu erster axialer Breite ( $d_4/d_3$ ) zwischen 0,2 und 0,6 liegt, d.h.  $0,2 < d_4/d_3 < 0,6$ .

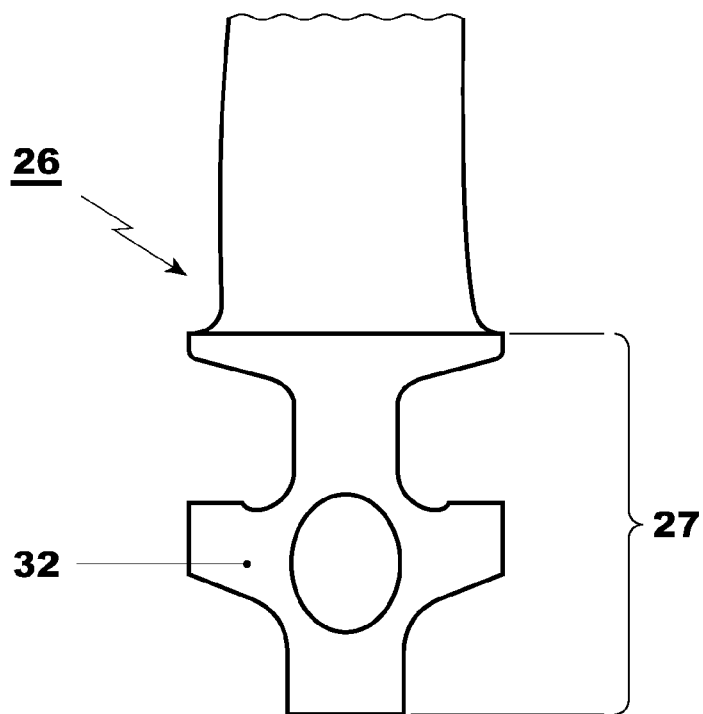
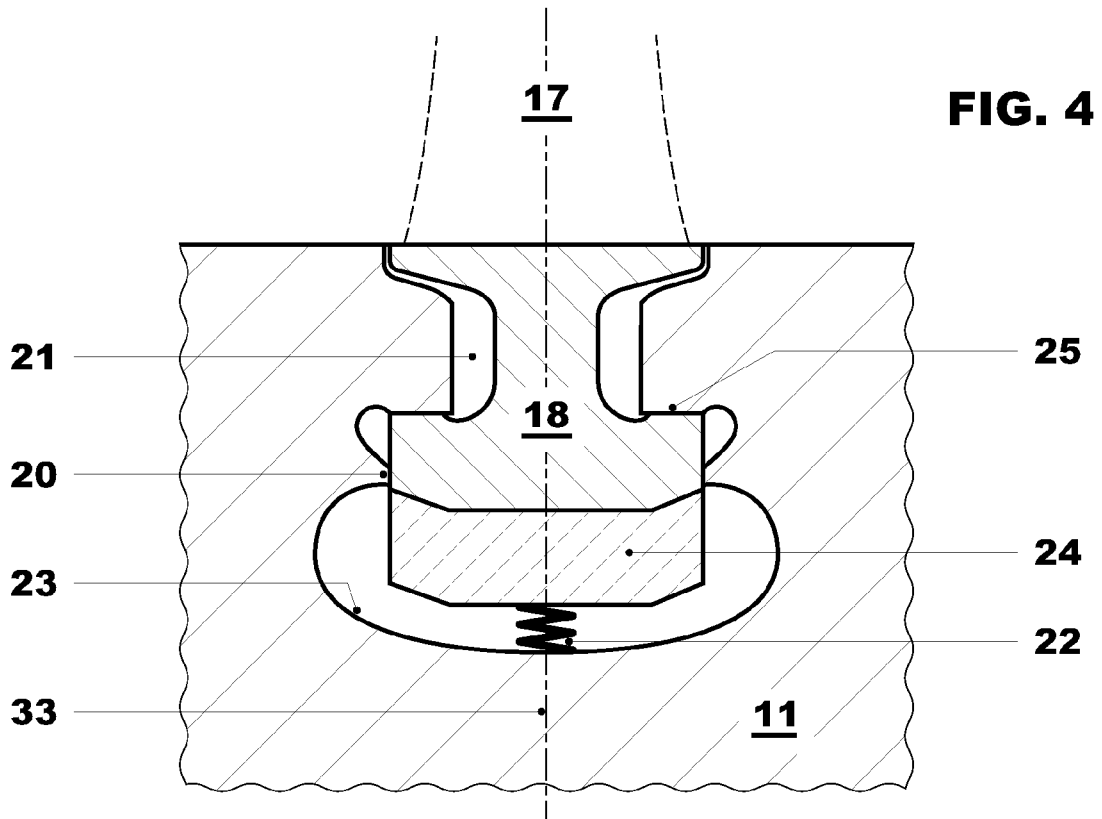


*Fig.1*

**FIG. 2**



**FIG. 3**



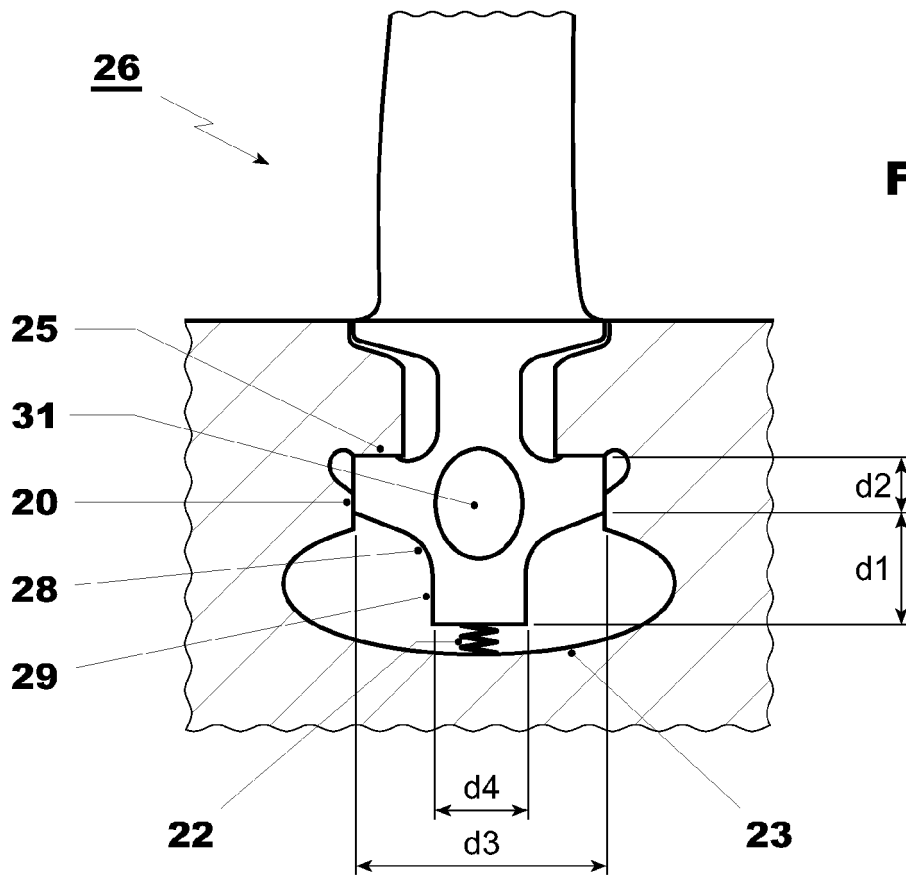


FIG. 6

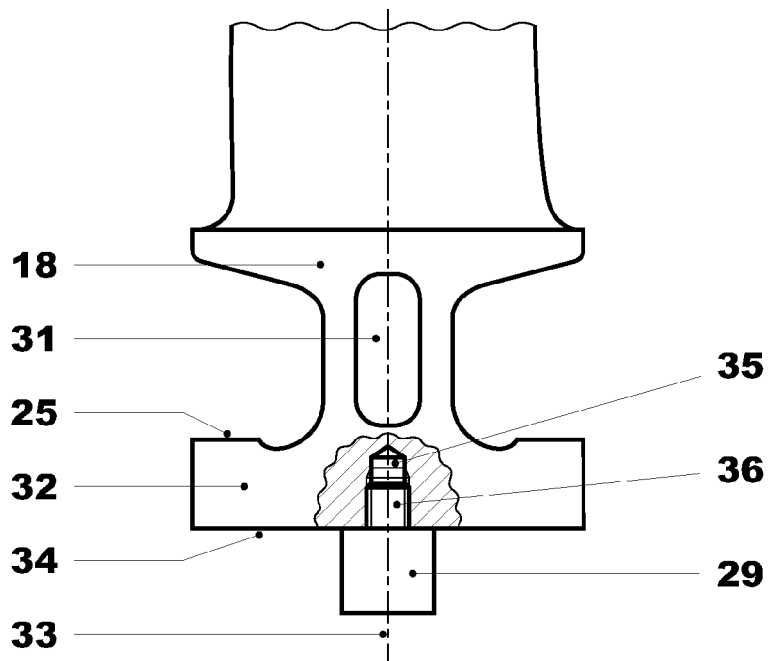


FIG. 7



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 10 18 9854

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 614 678 A (PARSONS C A & CO LTD; FRANCIS WILLIAM GARDNER) 20. Dezember 1948 (1948-12-20)	1,5,8-11	INV. F01D5/30
Y	* Seite 3, Zeilen 62-74 * * Seite 4, Zeilen 15-24; Abbildung 4 * -----	6	
X	GB 674 543 A (FUR TECH STUDIEN AG) 25. Juni 1952 (1952-06-25) * Seite 1, Zeile 91 - Seite 2, Zeile 8; Abbildung 5 *	1,5,8-10	
X	JP 2005 220825 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 18. August 2005 (2005-08-18) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,8 * -----	1,2,5, 8-11	
X	WO 2005/054682 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; BACHOFNER RENE [CH]; GRIGIONI PIETRO [CH];) 16. Juni 2005 (2005-06-16) * Seite 3, Absatz 4; Abbildung 2 * * Seite 5, Absatz 1 * -----	1,2,8, 15-18	
Y	EP 1 130 217 A1 (ABB ALSTOM POWER NV [NL] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 5. September 2001 (2001-09-05) * Spalte 3, Zeilen 52-55; Abbildung 1 * -----	6	
Y	EP 1 253 293 A2 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 30. Oktober 2002 (2002-10-30) * Absatz [0021]; Anspruch 5 * -----	6	F01D
Y	EP 1 703 080 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 20. September 2006 (2006-09-20) * Absatz [0014]; Abbildung 2 * -----	1-4	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		22. Februar 2011	
Prüfer			
Steinhauser, Udo			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 10 18 9854

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 0 707 135 A2 (ABB MANAGEMENT AG [CH]) 17. April 1996 (1996-04-17) * Spalte 3, Zeilen 7-26; Anspruch 1; Abbildung 2 *	1-4	
	-----		
A	US 4 645 425 A (MORRISON JR ROBERT L [US]) 24. Februar 1987 (1987-02-24) * Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 23; Abbildung 1 *	1-20	
	-----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>22. Februar 2011</b>	Prüfer <b>Steinhauser, Udo</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> 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 10 18 9854

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.

22-02-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 614678 A	20-12-1948	CH 264713 A	31-10-1949
		FR 948700 A	08-08-1949
GB 674543 A	25-06-1952	CH 273791 A	28-02-1951
		DE 820598 C	12-11-1951
		FR 1016683 A	19-11-1952
JP 2005220825 A	18-08-2005	KEINE	
WO 2005054682 A1	16-06-2005	CA 2548642 A1	16-06-2005
		DE 10357134 A1	30-06-2005
		EP 1690011 A1	16-08-2006
		US 2006228216 A1	12-10-2006
EP 1130217 A1	05-09-2001	DE 50010348 D1	23-06-2005
		US 2001019697 A1	06-09-2001
EP 1253293 A2	30-10-2002	DE 10120532 A1	31-10-2002
		JP 2002332802 A	22-11-2002
		US 2002182081 A1	05-12-2002
EP 1703080 A1	20-09-2006	US 2006197400 A1	07-09-2006
EP 0707135 A2	17-04-1996	DE 4436729 A1	18-04-1996
		JP 8200005 A	06-08-1996
		US 5580218 A	03-12-1996
US 4645425 A	24-02-1987	KEINE	

EPO FORM P0481

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**

- WO 2005054682 A1 [0005]
- US 5141401 A [0009]
- EP 1703080 A1 [0010]