

(19)



(11)

EP 1 012 445 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
16.01.2008 Patentblatt 2008/03

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
02.10.2002 Patentblatt 2002/40

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE1998/002556

(21) Anmeldenummer: **98951240.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 1999/013199 (18.03.1999 Gazette 1999/11)

(22) Anmeldetag: **31.08.1998**

(54) **SCHAUFEL FÜR EINE STRÖMUNGSMASCHINE**

BLADE FOR A TURBO-MACHINE

AUBE POUR UNE TURBOMACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 425 889 EP-A- 0 441 097
EP-A- 0 661 413 EP-A- 0 704 602
WO-A-96/14494

(30) Priorität: **08.09.1997 DE 19739318**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.06.2000 Patentblatt 2000/26

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 80333 München (DE)**

- **Ueli Wieland, Andreas Kirschner, Said Havakechian, Brendon Scarfin, "Advanced Steam Turbine Blading for Retrofit and Repowering Applications", American Society of Mechanical Engineers: PWR - Vol. 26, Advanced, in Steam Turbine Technology for the Power Generation Industry, Editor W.G. Moore, Book No B0877 - 1994, pp.19-25**
- **J. I. Cofer, IV, GE Power Generation, "Advances in Steam Path Technology", Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, April 1998. Vol. 118, pp. 337-352.**
- **K Kobayashi, M Honjo, H Tashiro and I Nagayama, "Verification of flow pattern for three-dimensional-designes blades" C423101 5 ©IMechE 1991.**
- **G. Singh, P: J. Walker, B.R. Hailer, "Development of Three-Dimensional Stage Viscous Time Marching Method for Optimisation of Short Heights Stages", VDI Berichte NR. 1185, 1995.**
- **Ueli Wieland, Andreas Kirschner, Said Havakechian, Brendon Scarfin, "Advanced Steam Turbine Blading for Retrofit and Repowering Applications", American Society of Mechanical Engineers: PWR - Vol. 26, Advanced, in Steam Turbine Technology for the Power Generation Industry, Editor W.G. Moore, Book No G0877 - 1994, pp.19-25**

(72) Erfinder: **DECKERS, Mathias D-46286 Dorsten (DE)**

EP 1 012 445 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, wobei die Schaufel entlang einer Schaufelachse gerichtet ist und entlang dieser Schaufelachse einen Fußendbereich, einen Kopfbereich und dazwischen angeordnet einen Mittelbereich sowie ein Querschnittsbereich senkrecht zur Schaufelachse aufweist.

[0002] Der Wirkungsgrad einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampfturbine, wird durch auftretende Strömungsverluste verringert. Mit der Verbesserung des Wirkungsgrades und damit auch der Reduzierung solcher Strömungsverluste befaßt sich z.B. der Artikel "Advanced Steam Turbine Technology for Improved Operating Efficiency" von R.B. Scarlin, in "PowerGen Europe 95", May 16 - 18, 1995, Amsterdam RAI the Netherlands, Book 2, Vol. 4, Seite 229 ff. Hierin ist die Entwicklung dreidimensionaler Turbinenschaufeln beschrieben unter Berücksichtigung verschiedenartiger Strömungsverluste, wie Spaltverluste, Verluste durch das Schaufelprofil sowie Verluste in den Endbereichen der Turbinenschaufel (endwall losses). Zur Reduzierung der letztgenannten Verluste wird eine Neigung der Turbinenschaufel in Umfangsrichtung angegeben. Eine Neigung der Turbinenschaufel im Bereich der Schaufelspitze sowie dem Nabenbereich der Turbinenschaufel führt zu einer gebogenen Schaufel, wobei eine derartige Biegung aufgrund der mechanischen Eigenschaften nur bei Leitschaufeln anwendbar ist. Weiterhin ist in dem Artikel pauschal ausgeführt, daß eine Verdrehung der Schaufel auch einen Einfluß auf die Neigung der Schaufel besitzt, so daß bei einer dreidimensionalen Auslegung in den Endbereichen der Schaufel sowohl die Schaufelneigung, die Schaufelverdrehung als auch das Schaufelprofil zur Disposition stehen.

[0003] Die EP-A-0 704 602 behandelt die Ausgestaltung einer Turbinenleitschaufel in einem Zwischenleitrad einer entlang einer Turbinenachse gerichteten Dampfturbine. Die Schaufel erstreckt sich hierbei entlang einer radial gerichteten Schaufelachse und weist eine Druckseite und eine Saugseite sowie eine Eintrittskante und eine Austrittskante auf. Dabei ist die Schaufel entlang der radialen Richtung derart ausgestaltet, daß die Druckseite von einem Schaufelfußbereich zu einem entlang der Schaufelachse dem Schaufelfußbereich gegenüberliegenden Schaufelkopfbereich ein konvexes Krümmungsverhalten aufweist. Dabei wird die konvexe Krümmung der Druckseite des Schaufelblatts in radialer Richtung durch eine rotierende Verlagerung der Querschnitte um die gerade Hinterkante herum erreicht.

[0004] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird die Krümmung dadurch erreicht, daß bei radial aufeinanderfolgenden, voneinander beabstandeten Querschnittsprofilen durch eine entsprechende Rotation der Querschnittsprofile um die feste gemeinsame Austrittskante der Einstellwinkel (Bitangentenwinkel) bezüglich der Turbinenachse parabelförmig variiert wird. Die Ka-

nalweite für den Dampf kann somit im Schaufelkopfbereich und im Schaufelfußbereich reduziert und in einem dazwischenliegenden Schaufelmittelnbereich erhöht werden. Dies führt zu einer Verlagerung eines Teils des Dampf-Massenstromes, weg von den beiden verlustbehafteten Randbereichen der Turbinenleitschaufel.

[0005] In dem Artikel "Modern Blade Design for Improving Steam Turbine Efficiency" von M. Jansen und W. Ulm in "VDI Berichte" Nr. 1185, 1995, Seiten 277 - 290, wird ebenfalls auf eine Erhöhung des Wirkungsgrades einer Dampfturbine, insbesondere einer Hochdruck- oder Mitteldruckdampfturbine, eingegangen. Der Einfluß verschiedener Strömungsverluste für verschiedene Dampfturbinen ist dargelegt. Durch eine spezielle Ausgestaltung der Turbinenschaufel wird eine Verminderung der Strömungsverluste erreicht. Die dreidimensional ausgebildeten Turbinenschaufeln weisen hierbei in einem Fußbereich sowie einem Kopfbereich der Turbinenschaufel eine Neigung auf. In dem Artikel ist ein Vergleich bezüglich der Strömungsverluste dieser dreidimensional ausgestalteten Turbinenschaufeln mit rein zylindrischen Schaufeln ausgeführt. Solche zylindrische Schaufeln besitzen zur Schaufelachse parallele Druck- und Saugseiten und weisen somit weder eine Verdrehung noch eine Neigung auf. Als weitere Alternative zu den dreidimensional gestalteten Turbinenschaufeln sind sogenannte verwundene Turbinenschaufeln beschrieben, welche über ihre Höhe eine zunehmende Verdrehung und ein sich änderndes Schaufelprofil aufweisen.

[0006] In der DE 31 48 995 A1 ist eine Axialturbine, wie eine Dampfturbine oder eine Gasturbine mit einer Vielzahl von am Umfang mit Abstand voneinander angeordneten Leitschaufeln beschrieben. Die verwendeten Leitschaufeln sind über ihre Höhe verwunden und weisen einen sich ändernden Einlaßwinkel auf. Die Änderung des Einlaßwinkels nimmt ab einer gewissen Höhe gemessen vom Schaufelfuß (Wurzel) kontinuierlich im Bereich der Spitze der Leitschaufel überlinear zu. Die Verwindung nimmt ebenfalls über die Höhe der Leitschaufel kontinuierlich zu. Das Querschnittsprofil der Leitschaufel ändert sich vom Schaufelfuß zur Schaufelspitze hin kontinuierlich, wobei die Leitschaufel immer schlanker wird. Bei der Formgebung der Leitschaufel werden weitere Änderungen über die Höhe der Leitschaufel betreffend den Auslaßwinkel, die Größe und Form der Leitschaufel, berücksichtigt.

[0007] In der Deutschen Auslegeschrift 11 68 599 ist ein Axialverdichter mit Lauf- und/oder Leitschaufeln, die einen im Bereich der Wandflächen geänderten Querschnitt zur Kompensation der durch diese Wandflächen bewirkten Strömungsbeeinflussung ausweisen, angegeben. In dem Axialverdichter sind längs des Gasströmungsweges vor den Lauf- und Leitschaufeln Eintrittsleitschaufeln angeordnet. Diese Einlaß- oder Eintrittsleitschaufeln weisen außer im Bereich der Wände einen gewölbten Querschnitt auf. Der mittlere Schaufelteil mit dem gewölbten Querschnitt geht in jedem Wandbereich

in einer glatten und stetig gekrümmten Fläche in das ungewölbte Querschnittsprofil in den Wandbereichen über. Über die Höhe der Einlaßleitschaufel ändern sich somit kontinuierlich die Querschnittsprofile des Schaufelblatts. Der Einlaßwinkel bleibt über die gesamte Höhe der Einlaßleitschaufel konstant.

[0008] In der Deutschen Auslegeschrift 28 41 616 ist ein Leitschaufelkranz für eine Axialturbine mit Leitschaufeln beschrieben, wobei die Leitschaufeln zwischen einem inneren und einem äußeren Ring angeordnet sind und die Profildicke des Schaufelblatts proportional zu der Schaufelteilung sich ändert. Die Änderung des Schaufelprofils erfolgt hierbei über die Höhe der Leitschaufel dadurch, daß keine Änderung in der Form der vorausspringenden Kante (Druckseite) stattfindet, sondern der Vorsprung auf der nacheilenden Kante an Größe über die Höhe allmählich zunimmt bei gleichzeitiger Zunahme der Dicke der Leitschaufel. Die Profiländerung wird hierbei so durchgeführt, daß die Dicke der Leitschaufel zunimmt, während ihre Sehnenlänge gleichbleibt. Ein solcher Leitschaufelkranz ist anwendbar bei Dampfturbinen, Gasturbinen sowie Kompressoren.

[0009] In der DE 42 28 879 A1 ist eine axial durchströmte Turbine mit mindestens einer Reihe gekrümmter Leitschaufeln angegeben. Durch die Schaufelkrümmung liegen sowohl die Eintrittskante als auch die Austrittskante der Leitschaufeln nicht in einer gleichen axialen Ebene. Die Krümmung der Schaufeln verläuft hierbei senkrecht zur Sehne, was durch eine Verschiebung der Profilschnitte sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung erreicht wird. Von einer Turbinengehäusewand (Zylinder) zu einer Turbinennabe hin verjüngen sich die Leitschaufeln, so daß sich deren Querschnitt entsprechend ändert, wobei das Schaufelprofil im wesentlichen über die Schaufelhöhe unverändert bleibt. Neben der Krümmung und der Verjüngung wird über der Blattlänge der Leitschaufel noch eine Verwindung des Schaufelblatts vorgenommen, um der Änderung der Umfangsgeschwindigkeit der auf die Leitschaufel folgenden Laufschaufeln über der Kanalhöhe Rechnung zu tragen. Es erfolgt somit eine Anpassung des Schaufelblatts durch eine Auslenkung des Schwerpunktes der Profilschnitte senkrecht zur Profilsehne (Krümmung bzw. Biegung), also eine Axial- und Umfangsauslenkung gleichzeitig, kombiniert mit einer Sehnenlängenvariation.

[0010] Turbinenschaufeln gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 sind aus dem Artikel "Development of three-dimensional stage viscous time marching method for optimization of short height stages" von G. Singh, P.J. Walker, B.R. Haller, in: "VDI-Berichte Nr. 1185, 1995, S. 157 - 179, bekannt.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaufel mit geringen Strömungsverlusten für eine Strömungsmaschine anzugeben.

[0012] Erfindungsgemäß wird die auf eine Schaufel für eine Strömungsmaschine gerichtete Aufgabe durch eine solche Schaufel gelöst, welche entlang einer Schaufelachse gerichtet ist und entlang dieser Schaufelachse ei-

nen Fußendbereich, einen Kopfbereich sowie dazwischen einen Mittelbereich und ein zur Schaufelachse senkrecht Querschnittsprofil aufweist, wobei axial in Richtung der Schaufelachse voneinander beabstandete Querschnittsprofile vom Fußendbereich zum Mittelbereich sowie vom Kopfbereich zum Mittelbereich in dieselbe Richtung gegeneinander versetzt sind und wobei im Fußendbereich und/oder im Kopfbereich axial voneinander beabstandete Querschnittsprofile um einen Differenzwinkel gegeneinander verdreht sind, wobei die Schaufel im Mittelbereich zylindrisch ausgeführt ist.

[0013] Bei einem Einbau der Schaufel in eine Turbine mit einer Turbinenwelle ist axial in Richtung der Schaufelachse gleichbedeutend mit radial in bezug auf die Turbinenwelle. Mit der Verschiebung von axial zueinander beabstandeten Querschnittsprofilen im Kopfbereich sowie im Fußendbereich und einer zusätzlichen Verdrehung im Fußendbereich und/oder im Kopfbereich wird eine Reduzierung der Strömungsverluste in den Randzonen (Kopfbereich, Fußendbereich), welche der Nabe einer Turbinenwelle sowie dem Innumfang eines Turbinengehäuses zugeordnet sind, erreicht. Die gleichgerichtete Verschiebung zum Mittelbereich hin bewirkt, daß die Turbinenschaufel bauchförmig senkrecht zur Schaufelachse geneigt (gebogen) ist. Mit einer zusätzlichen Verdrehung der axial zueinander beabstandeten Querschnittsprofile wird eine zusätzliche Erhöhung des Wirkungsgrades, d.h. eine Reduzierung der Strömungsverluste, erreicht. Je nach Ausdehnung der Schaufel in Richtung der Schaufelachse (Schaufellänge, Schaufelhöhe) zur Ausdehnung der Schaufel in einer Richtung senkrecht zur Schaufelachse (Schaufelbreite) und den Strömungsbedingungen bei Einsatz der Schaufel in einer Strömungsmaschine ist die Schaufel in dem Mittelbereich zylindrisch ausgeführt. Die Seiten (Druckseite, Saugseite) der Schaufel verlaufen mithin parallel zu der Schaufelachse.

[0014] Vorzugsweise sind die axial voneinander beabstandeten Querschnittsbereiche im Fußendbereich und im Kopfbereich zum Mittelbereich hin gleichgerichtet gedreht. Hierdurch ist über die gesamte Höhe der Schaufel hinweg vom Kopfbereich zum Fußendbereich hin die Verdrehung wieder zurückgenommen.

[0015] Die Schaufel ist vorzugsweise zur Anordnung in einen Schaufelkranz ausgelegt, welcher eine Umfangsrichtung aufweist, wobei die Querschnittsrichtung lokal mit der Umfangsrichtung zusammenfällt. Hierdurch erfolgt in den Randzonen der Schaufel eine Biegung in Umfangsrichtung mit einer gleichzeitigen Drehung (Winkelanpassung) in den Endbereichen der Schaufel, wodurch eine Verringerung von Strömungsverlusten und somit eine Erhöhung des Wirkungsgrades einer Strömungsmaschine erreichbar ist. Insbesondere bei Dampfturbinen wird hierdurch einerseits eine Erhöhung der mechanischen Austrittsenergie bei gleichem thermischen Energieeinsatz sowie andererseits eine Reduktion des thermischen Energieeinsatzes und damit der Umweltbelastung durch Schadstoffausstoß bei gleichbleibender

Austrittsenergie im Vergleich zu rein zylindrischen bzw. rein geneigten oder rein gebogenen Schaufeln erreicht.

[0016] Die Querschnittsprofile sind vorzugsweise bei einer Drehung bezüglich ihrem Flächenschwerpunkt oder bezüglich der Schaufelachse (falls abweichend z.B. durch inhomogene Massenverteilung) gedreht. Der dabei auftretende Drehwinkel wird im folgenden als Staffelwinkel und eine Durchführung der Drehung als Staffelwinkeländerung bezeichnet.

[0017] In einem Querschnitt senkrecht zur Schaufelachse ist das Querschnittsprofil entlang der Schaufelachse vorzugsweise überall gleich. Das Querschnittsprofil ändert sich mithin über die Höhe der Schaufel nicht. Hierbei ist vorzugsweise auch die Querschnittsfläche der Querschnittsprofile konstant. Die Schaufel weist hierbei vorzugsweise eine Kombination aus einer Umfangsauslenkung des Schwerpunkts der Querschnittsprofile (Biegung in Umfangsrichtung) und eine Staffelung der Querschnittsprofile (ohne Änderung der Profilierung) im Kopfend- und Fußendbereich (Naben- und Gehäusebereich) auf.

[0018] Die Schaufel ist vorzugsweise als Leitschaufel oder Laufschaufel einer Dampfturbine, insbesondere einer Hochdruckoder Mitteldruckdampfturbine ausgeführt. Bevorzugt weist die Schaufel hierbei ein kleines Längen zu Breiten-Verhältnis auf, wie es insbesondere bei Schaufeln für eine Hochdruck-Dampfturbine der Fall ist.

[0019] Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele werden die Schaufel für eine Strömungsmaschine sowie eine Dampfturbine näher erläutert. Es zeigen in teilweise schematisierter und nicht maßstäblicher Darstellung

FIG 1 einen Längsschnitt durch eine Hochdruck-Dampfturbine,

FIG 2 einen Querschnitt eines Ausschnitts durch einen Schaufelkranz,

FIG 3 eine räumliche Darstellung des Schaufelblattbereichs einer Schaufel,

FIG 4 einen Querschnitt durch den Schaufelblattbereich der Schaufel gemäß Figur 3 und

FIG 5 einen weiteren Querschnitt durch die Schaufel gemäß Figur 3 axial in Richtung der Schaufelachse beabstandet von dem Querschnitt gemäß Figur 4.

[0020] Gleiche Bezugszeichen haben in sämtlichen Figuren jeweils die gleiche Bedeutung.

[0021] In Figur 1 ist eine Strömungsmaschine, eine Hochdruck-Dampfturbine 11, in einem Längsschnitt dargestellt, die entlang einer Turbinenachse 17 gerichtet ist. Die Dampfturbine 11 weist eine entlang der Turbinenachse 17 gerichtete Turbinenwelle 20 auf, welche von einem Turbinengehäuse 18 umgeben ist. Entlang der

Turbinenachse 17 weist die Dampfturbine 11 einen Einströmbereich 12 für Aktionsfluid, Heißdampf, sowie einen Abströmbereich 13 für den Heißdampf auf. Axial zwischen Einströmbereich 12 und Abströmbereich 13 ist ein Beschauelungsbereich 14 vorgesehen. In dem Beschauelungsbereich 14 folgen in axialer Richtung alternierend hintereinander jeweils in einem entsprechenden Schaufelkranz 21 zusammengefaßte Leitschaufeln 9 und Laufschaufeln 8. Jede Laufschaufel 8 und jede Leitschaufel 9 weist entlang einer Schaufelachse 2 (siehe Figur 3) einen Fußendbereich 3, einen Kopfbereich 4 und axial in Richtung der Schaufelachse 2 dazwischen angeordnet einen Mittelbereich 10 auf. Mit dem Fußendbereich 3 grenzt eine Laufschaufel 8 an die Turbinenwelle 20 und eine Leitschaufel 9 an das Turbinengehäuse an. Für den Kopfbereich 4 gilt gerade das Umgekehrte. Die dem Einströmbereich 12 am nächsten liegenden Laufschaufeln 8 und/oder Leitschaufeln 9 sind jeweils als eine Schaufel 1 ausgeführt, die im Fußendbereich 3 und im Kopfbereich 4 geneigt und verdreht ist. Dem Abströmbereich 13 nächstliegenden Laufschaufeln 8 und Leitschaufeln 9 sind jeweils als verwundene Schaufeln 19 mit über die Schaufelachse 2 zunehmender Verdrehung und sich änderndem Querschnittsprofil ausgeführt. In dem Beschauelungsbereich 14 axial zwischen den geneigten und verdrehten Schaufeln 1 und den verwundenen Schaufeln 19 sind rein zylindrische Schaufeln 16 angeordnet, deren Saug- und Druckseite jeweils parallel zu der Schaufelachse 2 sind.

[0022] Figur 2 zeigt einen Ausschnitt eines Schaufelkranzes 21, in dem in Umfangsrichtung 6a nebeneinander Schaufeln 1 angeordnet sind. Der Übersichtlichkeit halber ist der Schaufelkranz 21 entlang der Umfangsrichtung 6a abgewickelt und mit lediglich zwei Schaufeln 1 dargestellt. Die Umfangsrichtung 6a entspricht dem Umfang der Turbinenwelle 20 in einem Schnitt senkrecht zur Turbinenachse 17. Die Hauptströmungsrichtung 22 des in der Dampfturbine 11 strömenden Dampfes ist senkrecht zu der Umfangsrichtung 6a des Schaufelkranzes 21.

[0023] In Figur 3 ist in einer räumlichen Darstellung der Schaufelblattbereich 23 einer entlang einer Schaufelachse 2 gerichteten Schaufel 1 dargestellt. Der Schaufelblattbereich 23 weist einen Fußendbereich 3, einen Kopfbereich 4 und dazwischen einen Mittelbereich 10 auf. Der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist ein sich an den Fußendbereich 3 anschließender Befestigungsbereich, mit dem die Turbinenschaufel 1 in der Turbinenwelle 20 oder dem Turbinengehäuse 18 befestigt ist. Weiterhin ist ebenfalls ein sich gegebenenfalls an den Kopfbereich 4 anschließendes Deckband nicht dargestellt. In dem Kopfbereich 4 und dem Fußendbereich 3 ist die Turbinenschaufel 1 in einer Querschnittsrichtung 6, die vorzugsweise der Umfangsrichtung 6a des Schaufelkranzes 21 entspricht, geneigt, und in axialer Richtung um einen Differenzwinkel $\Delta\beta$ (siehe Figur 4 und 5) gedreht. Die in dem Fußendbereich 3 zu dem Mittelbereich 10 hin sich vergrößernde Verdrehung

und sich vergrößernde Umfangsbiegung entspricht derselben Verdrehung und Umfangsbiegung wie im Kopfbereich 4. Ausgehend vom Fußbereich 3 bedeutet dies, daß entlang der Schaufelachse 2 ein Querschnittsprofil 5 gedreht und verschoben wird in Richtung zu dem Mittelbereich 10 und von dem Mittelbereich 10 zu dem Kopfbereich 4 die Verdrehung und Verschiebung zurückgenommen ist. Über die Höhe des Mittelbereichs 10 bleibt der Grad der Verschiebung und Verdrehung konstant. Die Größe der Zurückdrehung und Zurückverschiebung über den Kopfbereich 4 ist vorzugsweise genauso groß wie die Verschiebung und Verdrehung im Fußbereich 3.

[0024] Die Umfangsbiegung bedeutet hierin eine Verschiebung des Querschnittsprofils 5, 5a in Richtung einer Querschnittsrichtung 6, welche vorzugsweise der Umfangsrichtung 6a eines Schaufelkranzes 21 entspricht. Eine Verdrehung der Schaufel 1 erfolgt durch eine Staffelwinkeländerung, d.h. eine Änderung des Winkels β gemäß Figur 4 und Figur 5 durch eine Rotation des Querschnittsprofils 5 um die Schaufelachse 2, welche vorzugsweise mit der Schwereachse der Schaufel 1 zusammenfällt. Bei einer Schaufel 1 mit über einem Querschnitt homogener Massenverteilung entspricht dies ebenfalls einer Drehung um den Flächenschwerpunkt 7 (Massenschwerpunkt 7) des Querschnittsprofils 5, 5a. Das Querschnittsprofil 5, 5a, 5b ist über die gesamte Höhe des Schaufelblattbereichs 23 für jeden Querschnitt das gleiche, d.h. insbesondere daß Querschnittsform und -fläche konstant sind. Das in Figur 5 dargestellte Querschnittsprofil 5b ist gegenüber dem in Figur 4 dargestellten Querschnittsprofil 5a um den Differenzwinkel $\Delta\beta$ gedreht und um den Verschiebungswert ΔU verschoben. Dies entspricht einer Änderung des Staffelwinkels β auf den Wert des Staffelwinkels β' (Figur 5).

[0025] Da bei einer Dampfturbine, insbesondere einer Hochdruck-Dampfturbine, die Randverluste, d.h. die strömungsmechanischen Verluste in Nähe der Turbinenwelle und des Turbinengehäuses, bis zu etwa 30% der Gesamtverluste betragen können, führt eine Verminderung dieser Randverluste aufgrund der Verdrehung und Umfangsbiegung der Schaufel in einer Dampfturbine zu einer Steigerung des Wirkungsgrades. Der Grad der Verdrehung und Umfangsbiegung ist jeweils an die strömungstechnischen Verhältnisse in einer Dampfturbine anpaßbar. Hierbei ist der Mittelbereich zylindrisch ausgeführt.

Patentansprüche

1. Schaufel (1) für eine Strömungsmaschine (11), welche entlang einer Schaufelachse (2) gerichtet ist, mit einem Fußbereich (3) und einem diesem entlang der Schaufelachse (2) gegenüber angeordneten Kopfbereich (4) sowie einem dazwischen angeordneten Mittelbereich (10) und mit einem zur Schaufelachse (2) senkrechten Querschnittsprofil

(5; 5a, 5b; 15a, 15b), wobei im Kopfbereich (4) zum Mittelbereich (10) hin axial in Richtung der Schaufelachse (2) voneinander beabstandete Querschnittsprofile (5a, 5b) in einer Querschnittsrichtung (6) durch eine Translation gegeneinander versetzt sind, und im Fußbereich (3) zum Mittelbereich (10) hin axial voneinander beabstandete Querschnittsprofile (15a, 15b) in derselben Querschnittsrichtung (6) durch eine Translation gegeneinander versetzt sind und wobei im Fußbereich (3) und/oder im Kopfbereich (4) axial voneinander beabstandete Querschnittsprofile (15a, 15b; 5a, 5b) um einen jeweiligen Differenzwinkel ($\Delta\beta$) gegeneinander verdreht sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (1) im Mittelbereich (10) zylindrisch ausgeführt ist.

2. Schaufel (1) nach Anspruch 1, wobei die axial voneinander beabstandeten Querschnittsprofile (5a, 5b; 15a, 15b) im Fußbereich (3) und im Kopfbereich (4) zum Mittelbereich (10) hin jeweils gleichgerichtet verdreht sind.
3. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Anordnung in einen Schaufelkranz mit einer Umfangsrichtung (6a), wobei die Querschnittsrichtung (6) lokal mit der Umfangsrichtung (6a) zusammenfällt.
4. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der Querschnittsprofile (5a, 5b; 15a, 15b) jeweils bezüglich ihres Flächenschwerpunktes (7) gedreht sind.
5. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Querschnittsprofil (5a, 5b; 15a, 15b) entlang der Schaufelachse (2) überall gleich ist.
6. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die als Leitschaufel (9) oder Laufschaufel (8) einer Dampfturbine (11), ausgeführt ist.

Claims

1. Blade/vane (1), for a turbomachine (11), which is aligned along a blade/vane axis (2), having a root end region (3), a tip end region (4) arranged opposite to it along the blade/vane axis (2) and a central region (10) arranged between them and having a cross-sectional profile (5; 5a, 5b; 15a, 15b) at right angles to the blade/vane axis (2), cross-sectional profiles (5a, 5b) in the tip end region (4) at an axial distance from one another in the direction of the blade/vane axis (2) towards the central region (10) being offset relative to one another by a translation in a cross-sectional direction (6), and cross-sectional profiles (15a, 15b) in the root end region (3) at an axial dis-

- tance from one another towards the central region (10) being offset relative to one another by a translation in the same cross-sectional direction (6) and cross-sectional profiles (15a, 15b; 5a, 5b) at an axial distance from one another in the root end region (3) and/or in the tip end region (4) being twisted relative to one another by a respective difference angle ($\Delta\beta$), **characterized in that** the blade/vane (1) has a cylindrical configuration in the central region (10).
2. Blade/vane (1), according to Claim 1, the cross-sectional profiles (5a, 5b; 15a, 15b) at a distance axially from one another in the root end region (3) and in the tip end region (4) being respectively twisted in the same direction towards the central region (10).
 3. Blade/vane (1), according to one of the preceding claims, for arrangement in a blade/vane row with a peripheral direction (6a), the cross-sectional direction (6) coinciding locally with the peripheral direction (6a).
 4. Blade/vane (1), according to one of the preceding claims, in which cross-sectional profiles (5a, 5b; 15a, 15b) are respectively rotated relative to their centre of area (7).
 5. Blade/vane (1), according to one of the preceding claims, in which the cross-sectional profile (5a, 5b; 15a, 15b) is the same overall along the blade/vane axis (2).
 6. Blade/vane (1), according to one of the preceding claims, which is configured as a guide vane (9) or rotor blade (8) of a steam turbine (11).
- de section transversale, à distance axialement les uns des autres, dans la partie (3) d'extrémité d'empiètement et/ou dans la partie (4) d'extrémité de tête, ont les uns par rapport aux autres une torsion d'un angle ($\Delta\beta$) respectif de différence, **caractérisée en ce que** l'aube est cylindrique dans la partie médiane.
2. Aube (1) suivant la revendication 1, dans laquelle des profils (5a, 5b ; 15a, 15b) de section transversale à distance axialement les uns des autres, ont une torsion respectivement dans la même direction, de la partie (3) d'extrémité d'empiètement et de la partie (4) d'extrémité de tête à la partie (10) médiane.
 3. Aube (1) suivant l'une des revendications précédentes, destinée à être disposée dans une couronne d'aubes ayant une direction (6a) périphérique, la direction (6) de section transversale coïncidant localement avec la direction (6a) périphérique.
 4. Aube (1) suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle les profils (5a, 5b ; 15a, 15b) de section transversale ont une torsion respectivement par rapport à leur centre (7) de gravité en surface.
 5. Aube (1) suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle le profil (5a, 5b ; 15a, 15b) de section transversale est le même partout le long de l'axe (2) de l'aube.
 6. Aube (1) suivant l'une des revendications précédentes, qui est réalisée en aube (9) directrice ou en aube (8) mobile d'une turbine (11) à vapeur.

Revendications

1. Aube (1) pour une turbomachine (11) qui est dirigée le long d'un axe (2) d'aube et qui comprend une partie (3) d'extrémité d'empiètement et une partie (4) d'extrémité de tête, opposée à la partie (3) d'extrémité d'empiètement le long de l'axe (2) de l'aube, ainsi qu'une partie (10) médiane interposée entre elles et ayant un profil (5 ; 5a, 5b ; 15a, 15b) de section transversale, perpendiculaire à l'axe (2) de l'aube, des profils (5a, 5b) de section transversale, à distance les uns des autres axialement dans la direction de l'axe (2) de l'aube, étant mutuellement décalés par une translation dans une direction (6) de section transversale de la partie (4) de tête à la partie (3) médiane et des profils (15a, 15b) de section transversale à distance les uns des autres axialement, étant, décalés mutuellement, par une translation dans la même direction (6) de section transversale, de la partie (3) d'extrémité d'empiètement à la partie (10) médiane et des profils (15a, 15b ; 5a, 5b)

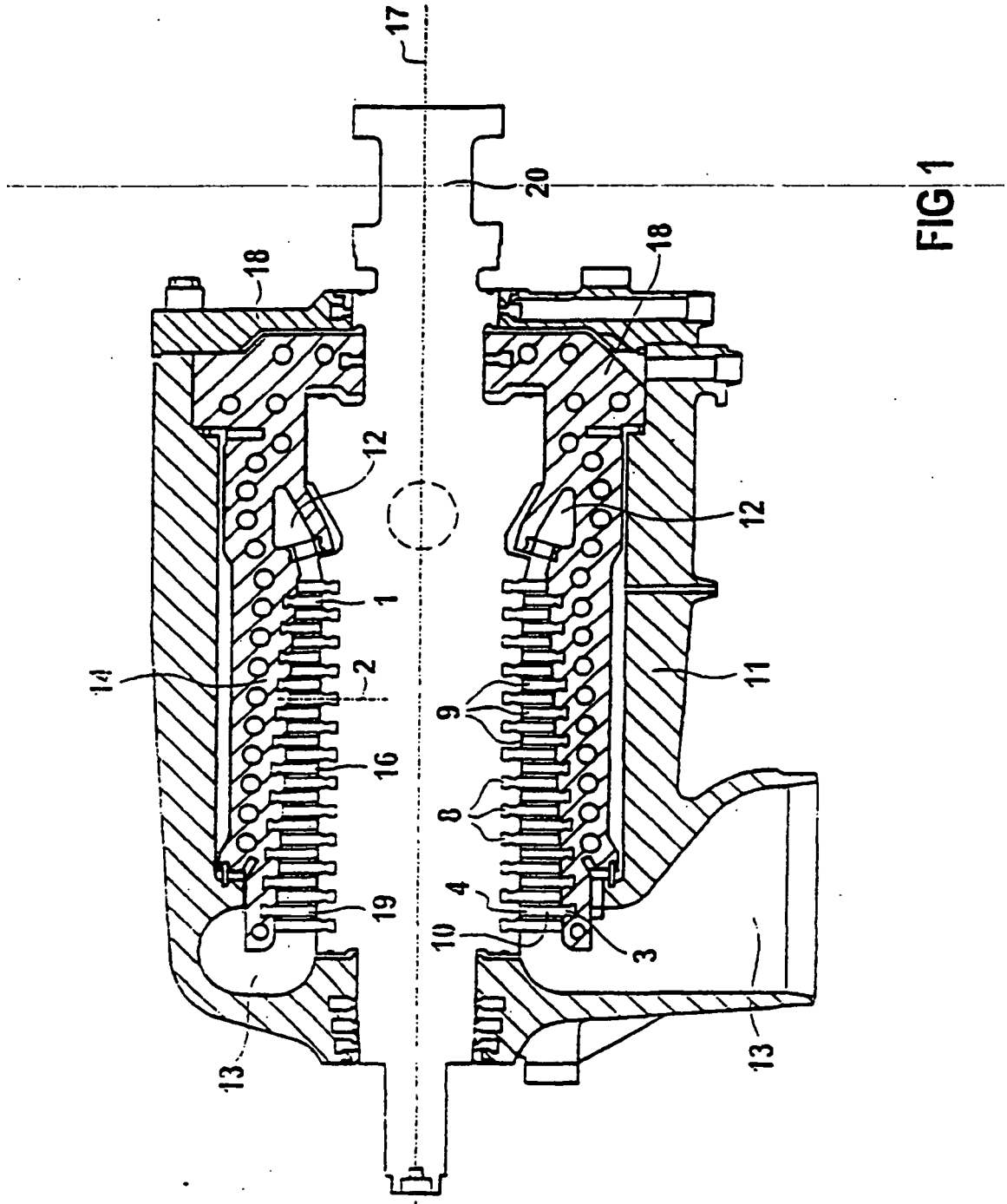


FIG 1

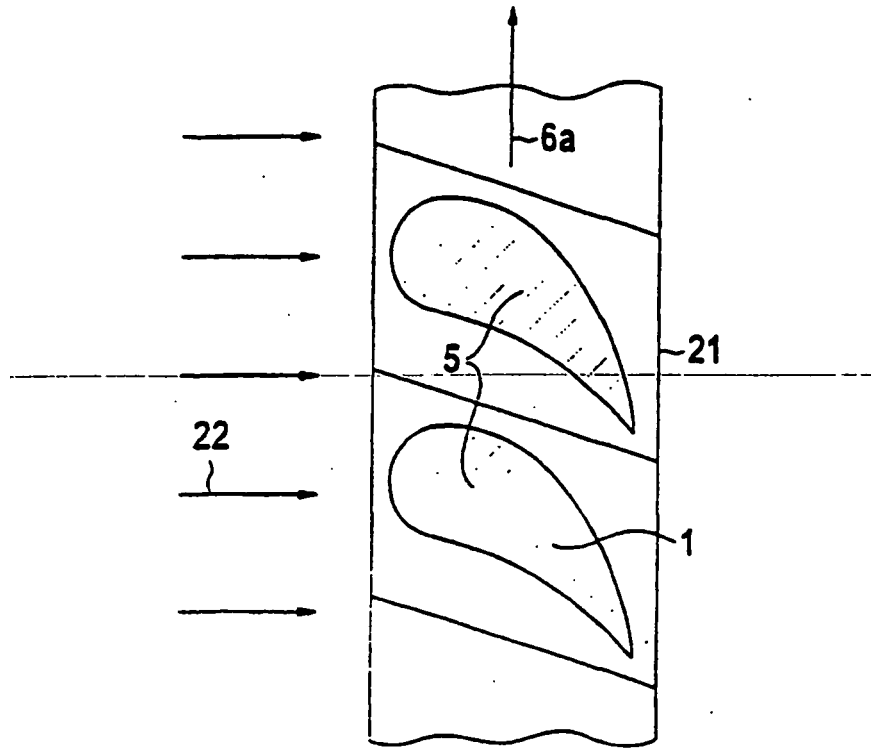


FIG 2

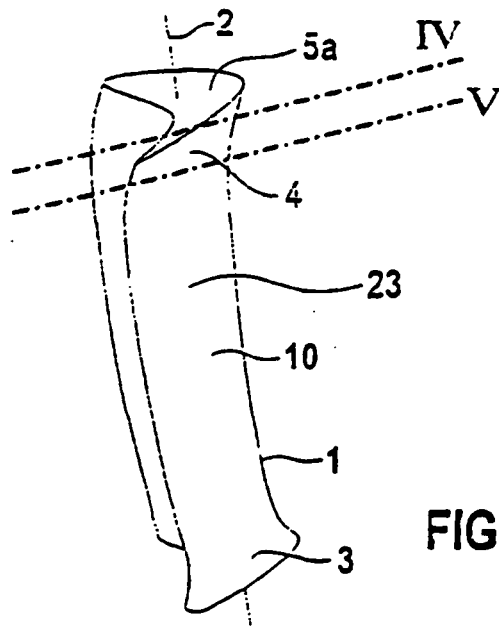
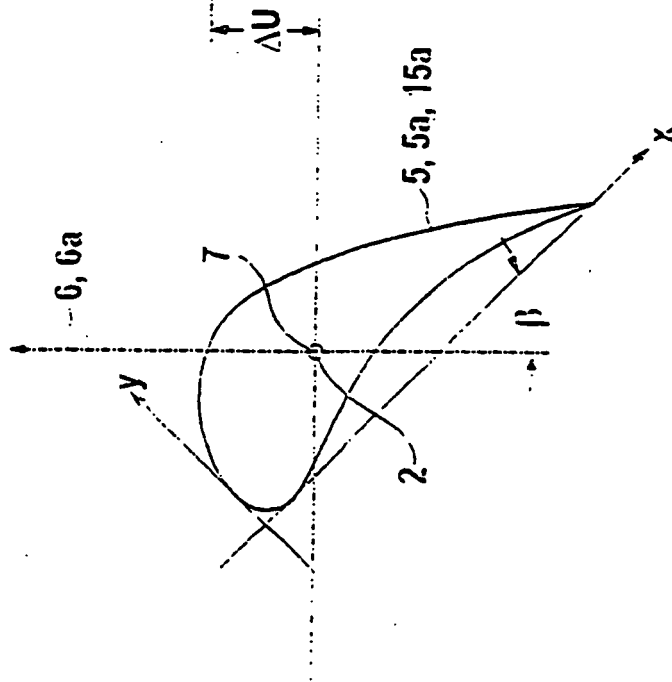
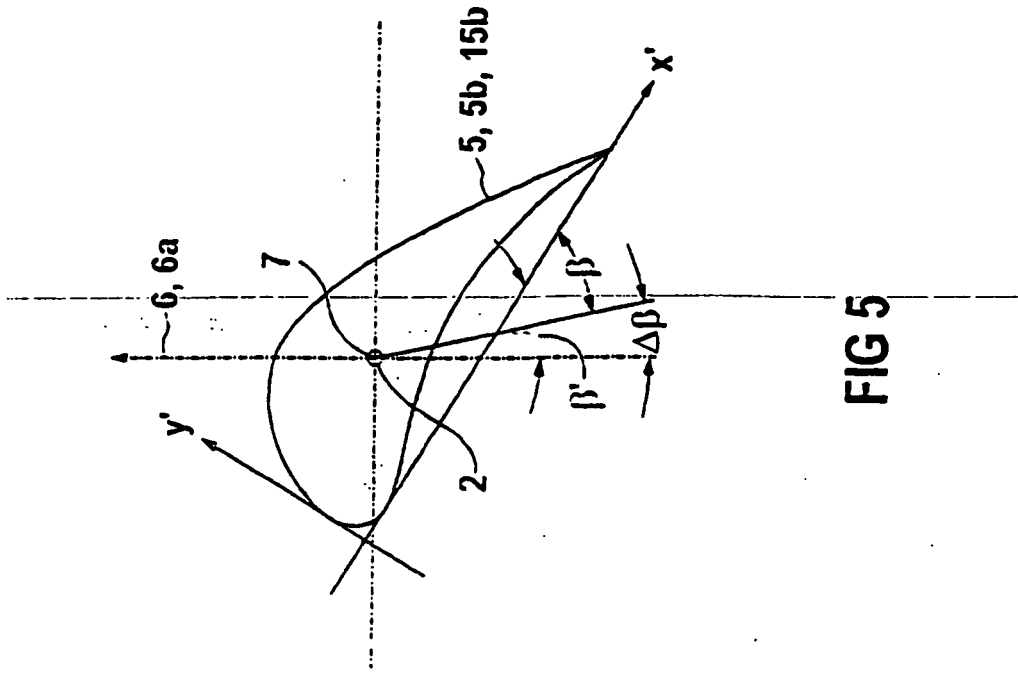


FIG 3



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 0704602 A [0003]
- DE 3148995 A1 [0006]
- DE 1168599 [0007]
- DE 4228879 A1 [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Advanced Steam Turbine Technology for Improved Operating Efficiency. **VON R.B. SCARLIN**. Power-Gen Europe 95. 16. Mai 1995, vol. 4, 229 ff [0002]
- **VON M. JANSEN ; W. ULM**. Modern Blade Design for Improving Steam Turbine Efficiency. *VDI Berichte*, 1995, vol. 1185, 277-290 [0005]
- **VONG. SINGH ; P.J. WALKER ; B.R. HALLER**. Development of three-dimensional stage viscous time marching method for optimization of short height stages. *VDI-Berichte*, 1995, vol. 1185, 157-179 [0010]