



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 916 812 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.05.1999 Patentblatt 1999/20

(51) Int. Cl.⁶: **F01D 9/04**, F01D 5/14

(21) Anmeldenummer: **97810873.6**

(22) Anmeldetag: **17.11.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Mumm, Carsten**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)
• **Weiss, Andreas, Dr.**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)

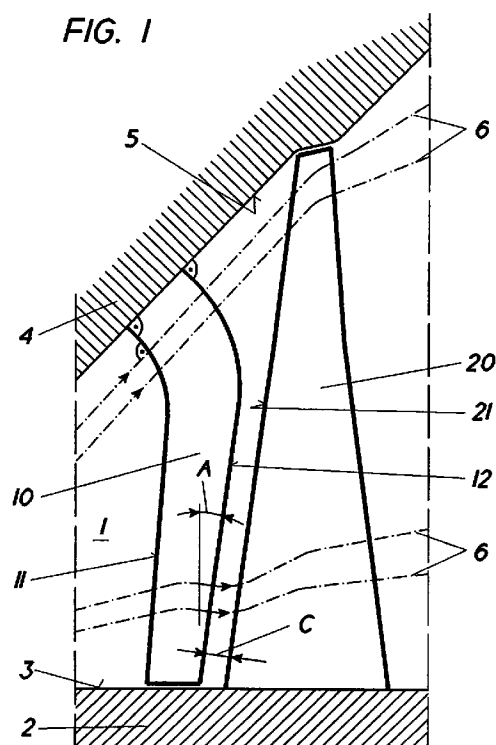
(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**
5401 Baden (CH)

(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) **Endstufe für axialdurchströmte Turbine**

(57) Eine Endstufe einer axialdurchströmten Turbine mit grosser Kanaldivergenz weist eine Reihe gekrümmter Leitschaufeln (10) und eine Reihe verjüngter, verdrehter Laufschaufeln (20) auf. Die Leitschaufeln sind in axialer Richtung an ihrem rotorseitigen Kopfende positiv und an ihrem statorseitigen Ende negativ gepfeilt, bezogen auf den Verlauf der rotorseitigen Kanalbegrenzung (2). Die positive Pfeilung der Leitschaufelhinterkante (12) verläuft über einen Grossteil der radialen Erstreckung parallel zur Vorderkante (21) der Laufschaufel (20). Über den überwiegenden Teil ihrer Höhe sind die Leitschaufeln in Umfangsrichtung geneigt. Die Neigung ist gegen die Saugseite (13) der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel (11') gerichtet.

FIG. 1



EP 0 916 812 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft die Endstufe einer axial-durchströmten Turbine mit grosser Kanaldivergenz mit einer Reihe gekrümmter Leitschaufeln und einer Reihe verjüngter, verdrehter Laufschaufeln.

Stand der Technik

[0002] Gekrümmte Leitschaufeln werden insbesondere eingesetzt, um die Sekundärverluste zu verringern, die durch die Umlenkung der Grenzschichten in den Leitschaufeln entstehen.

[0003] Es sind Turbinen mit nur in Umfangsrichtung gekrümmten Leitschaufeln beispielsweise aus der DE-A-37 43 738 bekannt. Dort sind Schaufeln gezeigt und beschrieben, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Es sind auch aus dieser Schrift Schaufeln bekannt, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Saugseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Damit sollen auf wirksame Weise sowohl radiale als auch in Umfangsrichtung verlaufende Grenzschicht-Druckgradienten verringert werden und damit die aerodynamischen Schaufelverluste verkleinert werden. Unabhängig davon, gegen welche Seite der benachbarten Schaufel die Krümmung dieser bekannten Schaufel gerichtet ist, verläuft sie in jedem Fall genau in Umfangsrichtung. Dies bedeutet, dass bei den dargestellten zylindrischen Schaufeln zumindest deren Vorderkanten über der Schaufelhöhe in der gleichen Axialebene liegen.

[0004] Turbinen mit in Axialrichtung und in Umfangsrichtung gekrümmten Leitschaufeln sind beispielsweise aus der DE-A-42 28 879 bekannt. Stromaufwärts des Laufgitters ist ein festes Leitgitter angeordnet. Dessen Schaufeln sind hinsichtlich Anzahl sowie bezüglich ihres Verhältnisses Sehne zu Teilung strömungstechnisch für Vollast optimiert. Sie verleihen der Strömung den für den Eintritt in das Laufgitter erforderlichen Drall. Die Krümmung der Schaufeln verläuft senkrecht zur Sehne, was durch eine Verschiebung der Profilschnitte sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung erreicht wird. Die Krümmung der Leitschaufeln ist gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet. Diese Krümmung wird durch einen kontinuierlichen Bogen gebildet, der mit dem Schaufelträger und mit der Habe einen spitzen Winkel bildet. Infolge der Krümmung senkrecht zur Schaufelsehne ist die in Radialrichtung projizierte Schaufelfläche grösser als bei der bekannten Krümmung in Umfangsrichtung. Dadurch erhöht sich die Radialkraft auf das Arbeitsmittel; dieses wird an die Kanalwandungen gedrückt, wodurch dort die Grenzschichtdicke reduziert wird.

Darstellung der Erfindung

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer axial durchströmten Turbine der eingangs genannten Art, insbesondere einer solchen mit kleinem Nabenvverhältnis, eine Massnahme zu schaffen, mit welcher das Ablösen der Strömung von der Nabe vermieden werden kann und mit der eine gleichmässige Druckverteilung über der Beschaukelungshöhe erzielt werden kann.

[0006] Erfindungsgemäss wird dies mit den kennzeichnenden Merkmalen der Patentanprüche erreicht.

[0007] Der Vorteil der Erfindung ist unter anderem darin zu sehen, dass infolge der verbesserten Zuströmung eine wesentlich verwindungsärmere Laufschaufelkonstruktion zur Anwendung gelangen kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0008] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der letzten Niederdruckstufe einer Dampfturbine dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt der Turbine;
Fig. 2 einen Teilquerschnitt der Turbine.

[0009] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind beispielsweise die Schaufelfüsse, mit denen die Schaufeln in ihren tragenden Partien eingehängt sind sowie eventuelle Schaufeldeckplatten zur Verbesserung der Dichtwirkung. Die Strömungsrichtung des Arbeitsmittels ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0010] In der in Fig. 1 schematisch gezeigten Dampfturbine sind die den durchströmten Kanal 1 begrenzenden Wandungen zum einen die rotorseitige Kanalbegrenzung 3 und zum andern die statorseitige Kanalbegrenzung 5. Die Endstufe besteht aus einer Reihe Leitschaufeln 10 und einer Reihe Laufschaufeln 20. Die Leitschaufeln sind auf nicht dargestellte Weise im Stator 4 befestigt, wobei der Schaufelträger selbst auf geeignete Art in einem Aussengehäuse eingehängt ist. Die Laufschaufeln 20 sind auf nicht dargestellte Weise im Rotor 2 befestigt. Das Laufschaufelblatt ist in seiner Längserstreckung verjüngt und stark verdreht (twisted). Gegen die statorseitige Kanalbegrenzung 5 dichtet das Schaufelblatt mit seiner Spitze.

[0011] Im ganzen Beschaukelungsbereich verläuft ist die rotorseitige Kanalbegrenzung 3 zylindrisch, während infolge der Volumenzunahme des expandierenden Arbeitsmittels die statorseitige Kanalbegrenzung 5 konisch ausgebildet ist und bei hochbelasteten Maschinen einen Öffnungswinkel von bis zu 60° aufweisen kann. Es versteht sich, dass auch die innere Kanalkon-

tur konisch ausgebildet sein kann.

[0012] Gemäss der Erfindung sind die Leitschaufeln 10 in axialer Richtung an ihrem rotorseitigen Ende Kopf positiv und an ihrem statorseitigen Ende negativ gepfeilt. Die Pfeilung, welche sowohl die Leitschaufelvorderkante 11 als auch die Leitschaufelhinterkante 12 betrifft, bezieht sich hierbei auf den zylindrischen Verlauf der rotorseitigen Kanalbegrenzung 2. Der Pfeilwinkel A ist so gewählt, dass die Leitschaufelhinterkante 12 zumindest annähernd parallel zur Vorderkante 21 der Laufschaufel 20 verläuft. Diese positive Pfeilung erstreckt bis ca. 2/3 der Schaufelhöhe. Sie bewirkt eine radial zur rotorseitigen Kanalbegrenzung 3 hin wirkende Kraft auf die Strömung, wie dies aus dem Verlauf der Meridianstromlinien 6 erkennbar ist.

[0013] Bezogen auf die rotorseitige Kanalkontur geht ab ca. 2/3 der Schaufelhöhe die positive Pfeilung in eine negative Pfeilung über. Diese ist so gewählt, dass am statorseitigen Ende die Leitschaufelhinterkante 12 und die Leitschaufelvorderkante 11 mindestens annähernd senkrecht zur strömungsbegrenzenden Wand 5 gerichtet sind. Mit dieser Massnahme wird erreicht, dass die Stromlinien 6 im Bereich des Stators senkrecht auf die Leitschaufelvorderkante 11 auftreffen.

[0014] Es ist somit erkennbar, dass die nicht geradlinigen und nicht radial verlaufenden Eintritts- und Austrittskanten der Leitschaufeln es ermöglichen, eine aerodynamisch optimale Schaufelbreite zu verwirklichen.

[0015] Die gewählte, an den Verlauf der Laufschaufelvorderkante 21 angepasste Kontur der Leitschaufelhinterkante 12 ermöglicht zudem in den unteren 2/3 des durchströmten Kanals die Einstellung der radial veränderlichen optimalen Länge des schaufelfreien Axialdiffusors zwischen Leit- und Laufreihe. Dieser Axialdiffusor, der im schaufelfreien Raum infolge der starken Kanaldivergenz entsteht, weist im Beispielsfall eine Breite C auf. Je schmaler dieser Axialdiffusor ausgebildet ist, umso günstiger wirkt sich dies auf die Gestaltung der nachfolgenden Laufschaufel aus. Je weniger das Strömungsmittel in diesem Bereich in seiner Axialkomponente verzögert wird, umso grösser muss der Staffelungswinkel des nachfolgenden Schaufelprofils gewählt werden. Über die betrachtete Schaufelhöhe hat dies zur Folge, dass das Schaufelblatt insgesamt weniger stark verwunden (twisted) werden muss.

[0016] Genau die gegenteilige Folge ergibt sich im Bereich der statorseitigen Kanalbegrenzung, wo eine negative Pfeilung vorherrscht. Hier entsteht im letzten Drittel der Schaufelhöhe zwischen Leit- und Laufschaufeln ein sich gegen die Wandung stetig verbreitender Axialdiffusor mit zunehmender Verzögerung der Axialkomponente des Strömungsmittels. Dies bewirkt, dass der Staffelungswinkel des nachfolgenden Schaufelprofils zunehmend kleiner gewählt werden muss. Über die betrachtete Schaufelhöhe hat dies wiederum zur Folge, dass das Schaufelblatt insgesamt weniger stark verwunden werden muss.

[0017] Positiver und negativer Pfeilwinkel zusammen der Leitschaufel ergeben somit eine nachfolgende Laufschaufel mit einer radial optimalen Verwindungsverteilung, was sich auch auf die Festigkeit der Laufschaufel günstig auswirkt.

[0018] In Fig. 2 ist eine weitere Massnahme gezeigt, die sich vorteilhaft auf das Abdrängen der Strömung zur rotorseitigen Kanalbegrenzung hin auswirkt. Hierzu sind die Leitschaufeln 10 über einen Grossteil ihrer radialen Erstreckung in Umfangsrichtung geneigt und zwar derart, dass die Neigung gegen die Saugseite 13 der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel 10' gerichtet ist. An ihrem rotorseitigen Ende ist die Leitschaufel radial gerichtet. Ab ca. 15% der radialen Erstreckung neigt sie sich in Umfangsrichtung und kehrt an ihrem statorseitigen Ende wieder zurück in die Radiale R. Es hat sich gezeigt, dass ein Neigungswinkel B zur Radialen R im Bereich von 10-17°, vorzugsweise 12-15° eine hinreichend grosse radial zum Rotor hin wirkende Kraft auf die Strömung erzeugt und diese gegen den Rotor drückt.

Bezugszeichenliste

[0019]

1	Kanal
2	Rotor
3	rotorseitige Kanalbegrenzung
4	Stator, Schaufelträger (vane carrier)
5	statorseitige Kanalbegrenzung
6	Meridianstromlinien
10	Leitschaufel (vane)
11	Leitschaufelvorderkante (leading edge)
12	Leitschaufelhinterkante (trailing edge)
13	Leitschaufel-Saugseite (suction side)
14	Leitschaufel-Druckseite (pressure side)
20	Laufschaufel (blade)
21	Laufschaufelvorderkante
R	Radiale
A	Pfeilungswinkel (sweep angle)
B	Neigungswinkel (lean angle)
C	Breite des Axialdiffusors zwischen 10 und 20

Patentansprüche

1. Endstufe einer axialdurchströmten Turbine mit grosser Kanaldivergenz mit einer Reihe gekrümmter Leitschaufeln (10) und einer Reihe verjüngter, verdrehter Laufschaufeln (20), dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln in axialer Richtung an ihrem rotorseitigen Ende Kopf positiv und an ihrem statorseitigen Ende negativ gepfeilt sind, bezogen auf den Verlauf der rotorseitigen Kanalbegrenzung (2).
2. Endstufe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die positive Pfeilung der Leitschau-

felhinterkante (12) über einen Grossteil der radialen Erstreckung parallel zur Vorderkante (21) der Leitschaufel (20) verläuft.

3. Endstufe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die negative Pfeilung am statorseitigen Ende so gewählt ist, dass die Leitschaufelhinterkante (12) und/oder die Leitschaufelvorderkante (11) zum mindestens annähernd senkrecht zur strömungsbegrenzenden Wand (5) gerichtet ist. 5 10
4. Endstufe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln (10) über einen Grossteil ihrer radialen Erstreckung in Umfangsrichtung geneigt sind und dass die Neigung gegen die Saugseite (13) der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel (11') gerichtet ist. 15
5. Endstufe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufel (10) an ihrem rotorseitigen Ende radial gerichtet ist, sich ab ca. 15% der radialen Erstreckung in Umfangsrichtung neigt und sich an ihrem statorseitigen Ende wieder zumindest annähernd in die Radiale (R) zurückneigt. 20 25
6. Endstufe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungswinkel (B) zur Radialen (R) ca. 12-15° beträgt. 30

35

40

45

50

55

FIG. 2

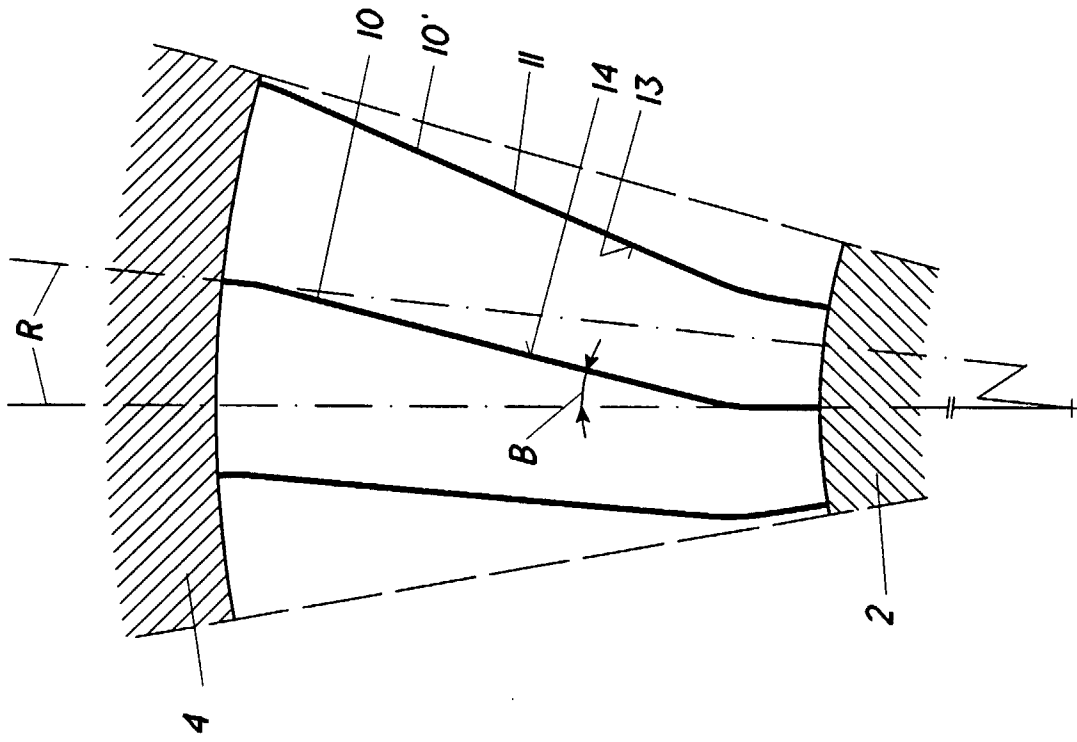
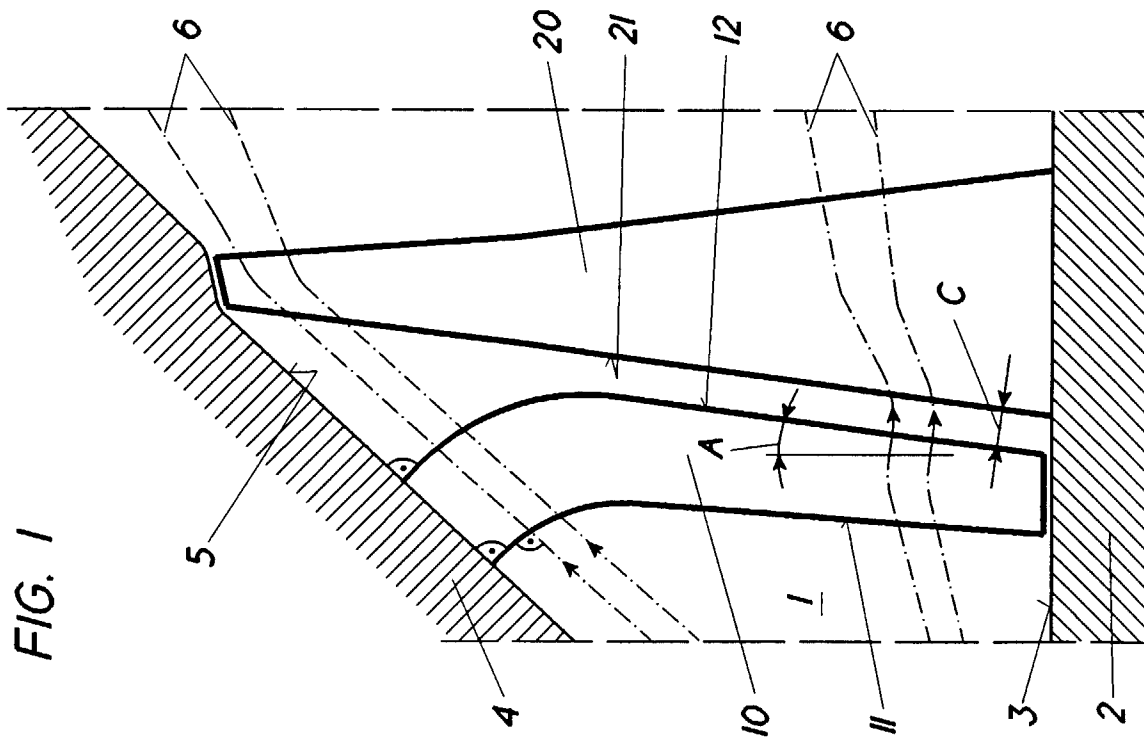


FIG. 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0873

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP 0 661 413 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 5.Juli 1995	1-3	F01D9/04 F01D5/14
Y	* Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 4, Zeile 8; Anspruch 1; Abbildungen 1A,2,5 *	4-6	
D,Y	GB 2 199 379 A (GEN ELECTRIC) 6.Juli 1988 * Seite 2, Zeile 5 - Seite 3, Zeile 27 *	4-6	
A	* Seite 5, Zeile 16 - Seite 6, Zeile 4; Abbildung 2 *	1	
Y	EP 0 260 175 A (PEUGEOT ACIERS ET OUTILLAGE) 16.März 1988	4-6	
A	* Abbildungen 1,2 *	1	
X	GB 2 164 098 A (ROLLS ROYCE) 12.März 1986 * Seite 3, Zeile 78 - Seite 5, Zeile 71; Abbildungen 3-12E *	1-3	
A	CH 344 800 A (CANADIAN PATENTS) 14.April 1960 * Abbildung 1 *	1,2	
A	GB 1 116 580 A (BRISTOL SIDDELEY) 6.Juni 1968 * Abbildungen 1,7-10 *	1-4	
A	GB 1 080 015 A (ENGLISH ELECTRIC) 23.August 1967 * Abbildung 1 *	1	
A	EP 0 089 600 A (ALSTHOM ATLANTIQUE) 28.September 1983		
A	GB 2 095 764 A (GEN ELECTRIC) 6.Oktober 1982		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 22.April 1998	Prüfer Iverus, D
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 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)