



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 799 973 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**03.07.2002 Patentblatt 2002/27**

(51) Int Cl.7: **F01D 9/04**

(21) Anmeldenummer: **96810199.8**

(22) Anmeldetag: **01.04.1996**

(54) **Wandkontur für eine axiale Strömungsmaschine**

Wall contour for an axial turbomachine

Contour de paroi pour une turbomachine axiale

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT NL PT**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.10.1997 Patentblatt 1997/41**

(73) Patentinhaber: **Alstom**  
**75116 Paris (FR)**

(72) Erfinder: **Kreitmeier, Franz**  
**5400 Baden (CH)**

(74) Vertreter: **Dimper, Dieter et al**  
**c/o Alstom (Switzerland) Ltd**  
**CHSP Intellectual Property**  
**Brown Boveri Str. 7/699/5**  
**5401 Baden (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-C- 216 525** **DE-C- 338 916**  
**DE-C- 579 989** **GB-A- 2 075 130**  
**US-A- 2 392 673** **US-A- 2 846 137**

**EP 0 799 973 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine mehrstufige Beschaukelung einer axial durchströmten Turbomaschine. Insbesondere betrifft sie die Gestaltung der Kanalkontur im beschaukelten Bereich und ist anwendbar bei Beschaukelungen mit Spitzendichtung oder solchen mit Deckplatten- oder Deckbanddichtung.

### Stand der Technik

**[0002]** Bei wirbelbehafteten Reaktionsbeschaukelungen von axial durchströmten Turbomaschinen mit zylindrischen Schaukeln wird durch die wechselnde Umfangskomponente der Strömungsgeschwindigkeit eine schlängelnde Bewegung des in eine Meridianebene zylinderprojizierten Weges eines Masseteilchens des Arbeitsmediums durch die Beschaukelung hervorgerufen. Diese wellige Strömung ist von Walter Traupel in seinem Buch "Thermische Turbomaschinen", 1. Band, Springer Verlag 1966, Kapitel 7 beschrieben. Um die Spaltverluste zwischen Beschaukelung und Begrenzungswänden zu vermindern, ist es unter Beibehaltung dieser welligen Strömung bekannt, die statorseitige und die rotorseitige Begrenzung mit annähernd der gleichen Welligkeit zu versehen, wie sie die Strömung aufweist. Dabei kann die statorseitige Wellenform dadurch gebildet sein, dass die Kontur im Bereich des Leitschaukelhalses zur Maschinenlängsachse hingerichtet ist und im Bereich der Laufschaufelspitze von der Maschinenlängsachse weggerichtet ist. Dementsprechend ist die rotorseitige Wellenform dann dadurch gebildet, dass die Kontur im Bereich der Leitschaukelhalses zur Maschinenlängsachse hingerichtet ist und im Bereich des Laufschaufelhalses von der Maschinenlängsachse weggerichtet ist. Nach einem älteren in DE 579989 C diskutierten Vorschlag wird eine Verminderung der Spaltverluste bei gleichzeitig verbesserter Führung des fluiden Arbeitsmediums durch die Anordnung bogenförmiger Führungsbleche mit zwischen Leit- und Laufreihe wechselnder Neigung erreicht. Die Führungsbleche dienen gleichzeitig als Spitzendichtung und der Strömungsführung, wobei das Arbeitsmedium regelmässig eine Strömungsumlenkung erfährt. Eine solche Ausführungsform ist jedoch mit Verlusten bei der Strömungsumlenkung verbunden. Dieser Veröffentlichung ist nicht zu entnehmen, wie unter den Bedingungen wechselnder Betriebszustände eine weitgehend gleichbleibend geringe Spaltbreite gewährleistet werden soll. Eine gattungsgemässe Lösung zur Gestaltung des Strömungswegs in einem Verdichterabschnitt eines Gasturbinentriebwerks hat GB 2075130 A zum Gegenstand. Die statorseitig und rotorseitig begrenzenden Wände des Strömungswegs sind mit einer derartigen Kontur ausgestattet, die eine Verschiebung der Belastungsverteilung der Laufschaufeln in Richtung auf die

Schaukelhöhe bewirken soll, indem die Strömung veranlasst wird, dieser Kanalkontur ohne Abriss zu folgen. Aus der Umverteilung der aerodynamischen Belastung soll eine Erhöhung des Stufenwirkungsgrads resultieren. Nach einer Ausführungsform weisen die Kanalwände im Bereich der Schaukelhalses eine Steigung gegenüber der Maschinenlängsachse auf, wohingegen sie in den Bereichen gegenüber den Schaukelhalsen parallel zur Maschinenlängsachse verlaufen. Jeweils in dem Abstand zwischen Leitschaukelreihe und Laufschaufelreihe bilden die strömungsbegrenzenden Wände einen Knickwinkel aus.

### Darstellung der Erfindung

**[0003]** Die Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Beschaukelung der eingangs genannten Art eine Kanalkontur zu schaffen, bei welcher durch geometrische Massnahmen der Stufenwirkungsgrad sowie die Stufenbelastung gesteigert werden kann.

**[0004]** Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die rotorseitige und/oder statorseitige strömungsbegrenzende Wand des durchströmten Kanals unmittelbar am Austritt der Laufschaufeln mit einem Knickwinkel versehen ist, welcher so bemessen ist, dass die Abströmung aus den Laufschaufeln bezüglich Totaldruck und Abströmwinkel homogenisiert wird und dass diese Wand zumindest annähernd im Eintrittsbereich der Leitschaufeln der folgenden Stufe mit einem Gegenknickwinkel versehen ist.

**[0005]** Der Vorteil dieser Massnahme ist insbesondere darin zu sehen, dass in der ganzen Beschaukelung zumindest annähernd Quasi-Repetierbedingungen erzielt werden unter Einbezug der ersten Stufe.

**[0006]** Bei Beschaukelungen, bei welcher die Schaukelenden der Laufschaufeln über eine mit Labyrinth versehenen Deckplatte gegen dem Stator dichten, wird mit Vorteil die mit dem Knickwinkel versehene Wand am Austritt der Laufschaufel als Verlängerung der Deckplatte ausgebildet. Damit wird auch der durch das teilungsabhängige Druckfeld induzierte Queraustausch von Strömungsmaterial reduziert. Dieser kann nämlich die Ursache sein von Ablösung an der besonders empfindlichen Saugseite der Schaukeln.

**[0007]** Zweckmässigerweise verläuft dann die mit dem Gegenknickwinkel versehene Wand im Fussbereich der stromabwärts gelegenen Leitschaufel anschliessend an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts, und wird am Leitschaufelaustritt verlängert, so dass die resultierende strömungsbegrenzende Wandung, welche zwischen verlängertem Leitschaufelhals und darauffolgender Laufschaufeldeckplatte durch einen Axialspalt unterbrochen ist, zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur aufweist.

**[0008]** Bei Beschaukelungen, bei welcher die Schaukelenden der Leitschaufeln über eine mit Labyrinth

versehene Deckplatte gegen den Rotor dichten, wird mit Vorteil die mit dem Knickwinkel versehene Wand am Austritt der Laufschaufeln als Verlängerung der Fussplatte ausgebildet.

**[0009]** Zeckmässigerweise verläuft dann die in ihrem Eintrittsbereich mit dem Gegenknickwinkel versehene Wand an der Deckplatte der stromabwärts gelegenen Leitschaufel anschliessend an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts, und ist am Leitschaufelaustritt ebenfalls verlängert. Die resultierende strömungsbegrenzende Wandung, welche zwischen verlängerter Leitschaufeldeckplatte und darauffolgender Laufschaufelfussplatte durch einen Axialspalt unterbrochen ist, soll zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur aufweisen.

**[0010]** Die Verlängerung der Deckbänder bzw. der Schaufelfüsse stromabwärts führen zu einer Reduktion des Queraustausches von Strömungsmaterial in den dortigen Kavitäten. Es wird durch vom teilungsabhängigen Druckfeld getrieben und kann zu einer saugseitigen Ablösung führen. Die Gegenknickwinkel steigern den Minusdruck bzw. senken den Plusdruck über den Labyrinth, was zu einer Senkung des schädlichen Spaltmassenstromes führt.

**[0011]** Um die Einstromung in die Labyrinth zu erschweren, sind die Labyrinth-Eintritte zwischen den Leitschaufelfüssen und den Laufschaufeldeckplatten einer gleichen Stufe sowie zwischen den Laufschaufelfüssen einer Stufe und den Leitschaufeldeckplatten der folgenden Stufe entgegen der allgemeinen Strömungsrichtung im Kanal schräg gerichtet.

**[0012]** Der Wiedereinstromungseffekt des Labyrinthmassenstromes in den Hauptkanal kann dadurch verbessert werden, das die in den Axialspalt mündenden Labyrinth-Austritte zwischen den Laufschaufeldeckplatten einer Stufe und den Leitschaufelfüssen der darauf folgenden Stufe sowie zwischen den Leitschaufeldeckplatten und den Laufschaufelfüssen einer gleichen Stufe in der allgemeinen, im Schaufelkanal herrschenden Strömungsrichtung verlaufen. Die Labyrinthkammer nach dem letzten Dichtspalt ist zudem verkleinert, um zusätzliche Verluste zu vermeiden.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0013]** In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Niederdruck-Dampfturbinen und Hochdruck-Dampfturbinen schematisch dargestellt. Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmedien ist mit Pfeilen bezeichnet.

**[0014]** Es zeigen:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt einer Niederdruck-Dampfturbine mit Deckplattendichtung;

Fig. 2 eine Ausführungsvariante der Rotorpartie in der Ebene einer im Stator angeordneten Entnahmestelle;

Fig. 3 einen Teillängsschnitt einer Turbine mit Deckplattendichtung;

Fig. 4 einen Teillängsschnitt einer Turbine mit Spitzendichtung;

Fig. 5 einen Teillängsschnitt einer Niederdruck-Dampfturbine nach Fig. 1 mit einer Kanalkonturvariante.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

**[0015]** Gemäss Figur. 1 sind die ersten 3, aus je einer Leitreihe Le und einer Laufreihe La bestehenden Stufen einer Niederdruckbeschaufelung dargestellt. Die mit ihren Füßen 21 in Eindrehungen des Rotors 9 eingesetzten Laufschaufeln La1, La2 und La3 sind an ihren Schaufelenden mit Deckplatten 16 versehen. Die radial äusseren Konturen der Deckplatten sind je nach Laufreihe geometrisch unterschiedlich gestuft. Unter Bildung von Labyrinth 15 dichten sie mit ihren Stufen gegen Dichtstreifen, welche im Stator 9 auf geeignete Art angeordnet sind. Die mit ihren Füßen 13 in Eindrehungen des Stators 8 eingesetzten Leitschaufeln Le1, Le2 und Le3 sind an ihren Schaufelenden mit Deckplatten 20 versehen. Die radial inneren Konturen der Deckplatten sind je nach Leitreihe geometrisch unterschiedlich gestuft. Unter Bildung von Labyrinth 19 dichten sie mit ihren Stufen gegen Dichtstreifen, welche im Rotor 9 auf geeignete Art angeordnet sind. Zwischen der ersten und der zweiten Stufe ist im Stator 8 eine radial auswärts gerichtete Entnahme 30 vorgesehen.

**[0016]** Der durchströmte Kanal 50 hat als Ausgangslage die konisch verlaufende äussere Kontur 51 am Stator und die zylindrisch verlaufende innere Kontur 52 am Rotor. Beides ist indes nicht zwingend. Unabhängig vom tatsächlichen Verlauf der Wandungen wird in jedem Fall die äussere strömungsbegrenzende Kontur 10 im Bereich des Laufschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Deckplatte 16 der Laufschaufeln La1, La2, La3 und im Bereich des Leitschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Fussplatte 13 der Leitschaufeln Le1, Le2, Le3 gebildet. Desgleichen wird die innere strömungsbegrenzende Kontur 11 des durchströmten Kanals im Bereich des Laufschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Fussplatte 21 der Laufschaufeln La1, La2, La3 und im Bereich des Leitschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Deckplatte 20 der Leitschaufeln Le1, Le2, Le3 gebildet. Unmittelbar stromaufwärts der Deckplatten 16, 20 befinden sich Axialspalte 18 (am Stator) und 23 (am Rotor), welche die Labyrinth-Eintritte 40 (am Stator) und 41 (am Rotor) darstellen. Unmittelbar stromabwärts dieser Deckplatten 16, 20 befinden sich Axialspalte 26 (am Stator) und 25 (am Rotor), welche die Labyrinth-Austritte 42 (am Stator) und 43 (am Rotor) darstellen. In der Regel werden die genannten Spalte andererseits begrenzt durch Stator- und Rotorteile,

welche die Strömungsführung in den nichtbeschau-  
felten Ebenen übernehmen.

**[0017]** Gemäss der Erfindung ist der Kanal 50 nun-  
mehr am Stator und/oder am Rotor mit abgelenkter  
Kontur ausgeführt, wobei die Kontur folgendermassen  
zustande kommt:

**[0018]** Zunächst ist sowohl die strömungsbegrenzen-  
de rotorseitige Wand 11 als auch die statorseitige Wand  
10 des durchströmten Kanals unmittelbar am Austritt  
der Laufschaufeln La1, La2, La3 mit einem Knickwinkel  
A, AA versehen. Dieser Knickwinkel ist so bemessen,  
dass die Abströmung aus den Laufschaufeln bezüglich  
Totaldruck und Abströmwinkel homogenisiert wird. Im  
Beispielsfall bedeutet dies, dass sowohl statorseitig als  
auch rotorseitig die gezeigten Winkel A und AA als po-  
sitiv definiert werden. Die abgelenkten Wandteile ver-  
laufen radial nach aussen, d.h. sie sind von der nicht  
gezeigten Maschinenachse weggerichtet.

**[0019]** Der Wahl der Knickwinkel liegen folgende  
Überlegungen zugrunde: Am Austritt der Laufschaufeln  
liegt eine divergente Strömung vor, eventuell mit Ge-  
gendrall an der Nabe und Mitdrall am Zylinder. Zumin-  
dest weist die Strömung in der radial äusseren Zone ei-  
ne wesentlich höhere Energie auf als in der radial inne-  
ren Zone, was sich in Form von wesentlich höheren To-  
taldrücken in der radial äusseren Zone manifestiert. Mit  
der Knickwinkel-Idee gilt es nun, eine möglichst geringe  
Totaldruck- und Abströmwinkel-Inhomogenität über der  
Schaufelhöhe zu erzielen. Die Gleichung für das radiale  
Gleichgewicht lehrt, dass dies in erster Linie über die  
Meridiankrümmung der Stromlinien erreicht werden  
kann. Diese muss also primär beeinflusst werden durch  
Anpassung des Knickwinkels. Mit dieser Überlegung ist  
der positive Knickwinkel AA der inneren Begrenzungswand  
im Prinzip festgelegt, wobei eine Totaldruckerhö-  
hung in diesem Bereich erzielt wird. Die gleichen Über-  
legungen führen zum Knickwinkelverlauf A der äusse-  
ren Begrenzungswand. Eine homogene Totaldruckver-  
teilung lässt sich hier nur dann erzielen, wenn der ent-  
sprechende Knickwinkel A gegenüber der konischen  
Kontur des Kanals in jedem Fall nach aussen öffnet, al-  
so ebenfalls einen positiven Wert annimmt. Hierbei wird  
die gewünschte Totaldruckerniedrigung in diesem Be-  
reich erzielt.

**[0020]** Eine vollständige Umsetzung dieser Knickwin-  
kel-Idee setzt eine saubere Führung der Strömung über  
einen Bereich von  $a/t = 0,5$  voraus. Hierin bedeuten a  
der Abstand zwischen Laufschaufelaustritt und Leit-  
schaufeleintritt der folgenden Stufe bedeutet und t die  
Schaufelteilung. Dies erfolgt aus der Erkenntnis, dass  
sich bei  $a/t = 0,5$  langsam die von der Schaufelzirkula-  
tion herrührenden Strömungsinhomogenitäten verlie-  
ren. Eine saubere Führung der Strömung am Lauf-  
schaufelaustritt ist indes schwierig. Denn wie oben er-  
wähnt, befindet sich unmittelbar stromabwärts der  
Deckplatte 16 in der Regel der Axialspalt 26 für den La-  
byrinth-Austritt 42 und stromabwärts der Fussplatte 21  
befindet sich in der Regel der Axialspalt 23 für den La-

byrinth-Eintritt 41. Abhilfe schafft hier die Massnahme,  
dass zum einen die mit dem Knickwinkel A versehene  
Wand 10 am Austritt der Laufschaufel als Verlängerung  
17 der Deckplatte 16 ausgebildet ist. Zum andern wird  
die mit dem Knickwinkel AA versehene Wand am Aus-  
tritt der Laufschaufel als Verlängerung 22 der Fussplatte  
21 ausgebildet. Sie erstreckt sich bis in den Axialspalt  
23 zwischen verlängerter Laufschaufel-Fussplatte und  
folgender Leitschaufel-Deckplatte 20. Auch wenn die  
Bedingung  $a/t = 0,5$  nicht vollständig realisiert werden  
kann, so werden auch bei richtiger Winkelwahl mit klei-  
neren Werten  $a/t$  bereits messbare Ergebnisse erzielt.  
Wichtig ist vor allem, dass die ununterbrochene metal-  
lische Führung der abgelenkten Wandteile 17 und 22  
soweit wie möglich verläuft, d.h. dass die auf die Wand-  
teile folgenden Axialspalte 26 (ausseren) und 23 (innen)  
möglichst weit stromabwärts des Laufschaufelaustritts  
verlegt werden. Insbesondere im Bereich der Lauf-  
schaufeldeckplatte wird die überaus wichtige Abströ-  
mung somit von schädlichen Querströmeeffekten ge-  
schützt.

**[0021]** Eine besondere Massnahme, um die Laby-  
rinthströmung sowohl am Stator als auch Rotor zu ver-  
mindern, besteht nun erfindungsgemäss darin, dass die  
strömungsbegrenzenden Wandungen 10, 11 zumindest  
annähernd im Eintrittsbereich der Leitschaufeln Le2,  
Le3 der folgenden Stufe mit einem Gegenknickwinkel  
B, BB versehen sind. Zweckmässigerweise setzt dieser  
Gegenknick bereits in der Spaltmitte der jeweiligen Ax-  
ialspalte 26 (ausseren) und 23 (innen) an. Entsprechend  
ihrer Bezeichnung "Gegen"-Knickwinkel sind die Werte  
beider Winkel B und BB in diesem Fall negativ, d.h. die  
anschliessenden Wandteile sind gegenüber den positiv  
abgelenkten Wandteilen 17 und 22 einwärts gerichtet.  
Ausser am Stator wird dabei eine Druckerhöhung am  
Austritt 42 des Labyrinthes 15 erzielt. Innen am Rotor  
wird hingegen eine Druckerniedrigung am Eintritt 41 des  
Labyrinthes 19 erzielt. Beide Massnahmen bewirken ein  
reduziertes Druckgefälle über den entsprechenden La-  
byrinthen und somit geringere Labyrinth-Massenströ-  
me.

**[0022]** Es gilt nun, die zweifach geknickten Wandun-  
gen wieder in die ursprüngliche Kanalkontur zu überfüh-  
ren, wobei hier weitere Massnahmen gewählt werden,  
um die Labyrinthströmung sowohl am Stator als auch  
Rotor noch weiter zu vermindern.

**[0023]** Ausser wird nun die mit dem Gegenknickwin-  
kel B versehene Wand im Fussbereich der stromab-  
wärts gelegenen Leitschaufel Le2, Le3 anschliessend  
an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts ge-  
führt. Darüberhinaus wird sie am Leitschaufelaustritt mit  
einer Verlängerung 14 versehen. Der radial einwärtige  
Verlauf wird so gewählt, dass die resultierende strö-  
mungsbegrenzende Wandung, welche zwischen ver-  
längertem Leitschaufelfuss und darauffolgender Lauf-  
schaufeldeckplatte 16 durch den Axialspalt 18 unterbro-  
chen ist, zumindest annähernd in der Ebene des Lauf-  
schaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen Schnitt-

punkt P mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur 51 aufweist. Aus der Zeichnung ist erkennbar, dass die Verlängerung 14 mit der ursprünglichen Kanalkontur 51, welche an der dem Kanal zugekehrten Seite der Deckplatte 16 der folgenden Laufschaufel vorherrscht, wiederum einen nach aussen öffnenden, positivem Winkel bildet. Zweckmässigerweise wird auch diese Knickstelle in die Mitte des Axialspaltes 18 verlegt. Die Folge davon ist eine Druckminderung am Eintritt 40 des Labyrinthes 15. Diese Druckminderung am Labyrinth-Eintritt bewirkt wie die Drucksteigerung am Labyrinth-Austritt ein Reduzierung des Druckgefälles über den Dichtstellen.

**[0024]** Entsprechend wird innen an der Nabe verfahren. Die in ihrem Eintrittsbereich mit dem Gegenknickwinkel BB versehene Wand an der Deckplatte 20 der Leitschaufel verläuft anschliessend an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts. Auch sie ist am Leitschaufelaustritt mit einer Verlängerung 24 versehen. Die resultierende strömungsbegrenzende Wandung, welche zwischen verlängerter Leitschaufeldeckplatte und darauffolgender Laufschaufelfussplatte 21 durch den Axialspalt 25 unterbrochen ist, wird so gerichtet, dass sie zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts einen gemeinsamen Punkt PP mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur 52 aufweist. Aus der Zeichnung ist wiederum erkennbar, dass die Verlängerung 24 mit der ursprünglichen Kanalkontur 52, welche an der dem Kanal zugekehrten Seite der Fussplatte 21 der folgenden Laufschaufel vorherrscht, wiederum einen nach aussen öffnenden, positivem Winkel bildet. Auch diese Knickstelle wird mit Vorteil in die Mitte des Axialspaltes 25 verlegt. Die Folge davon ist eine Drucksteigerung am Austritt 43 des Labyrinthes 19. Diese Drucksteigerung am Labyrinth-Austritt bewirkt wie die Druckminderung am Labyrinth-Eintritt ein Reduzierung des Druckgefälles über den Dichtstellen.

**[0025]** Die bisher beschriebene Kanalgestaltung bietet nun die Möglichkeit zu einer weiteren Verminderung der Labyrinthströmung.

**[0026]** Dadurch, dass statorseitig die Fussplatte 13 der Leitschaufel mit der Verlängerung 14 versehen ist, können die Labyrinth-Eintritte 40 zwischen den Leitschaufelfüssen 13 und den Laufschaufeldeckplatten 16 der gleichen Stufe entgegen der allgemeinen Strömungsrichtung im Kanal schräg gerichtet werden. Hierzu müssen lediglich die Fussplatte der Leitschaufel austrittseitig und das Deckband der Laufschaufel eintrittseitig entsprechend konfiguriert werden. Diese Schrägstellung des Einlaufs erschwert die Einströmung zum Labyrinth 15.

**[0027]** Da analog hierzu rotorseitig die Fussplatte 21 der Laufschaufel mit der Verlängerung 22 versehen ist, können auch die Labyrinth-Eintritte 41 zwischen den Laufschaufelfüssen 21 und den Leitschaufeldeckplatten 20 der folgenden Stufe entgegen der allgemeinen Strömungsrichtung im Kanal schräg gerichtet werden. Hierzu müssen lediglich die Fussplatte der Laufschaufel

austrittseitig und das Deckband der Leitschaufel eintrittseitig entsprechend konfiguriert werden. Diese Schrägstellung des Einlaufs erschwert die Einströmung zum Labyrinth 19.

**[0028]** Weiterhin sind Massnahmen getroffen, welche die Wiedereinströmung des Labyrinthmassenstromes erheblich verbessern.

**[0029]** So verläuft einerseits aussen der in den Axialspalt 26 mündende Labyrinth-Austritt 42 zwischen der Laufschaufeldeckplatte 16 einer Stufe und dem Leitschaufelfuss 13 der darauf folgenden Stufe in der allgemeinen, im Kanal 50 herrschenden Strömungsrichtung. Der Labyrinth-Austritt 42 ist radial so eng wie möglich gehalten, um unnötige Dissipation zu vermeiden. Infolge der Verlängerung 17 der Deckplatte kann die Abströmung aus dem Labyrinth möglichst nahe am folgenden Leitschaufeleintritt erfolgen.

**[0030]** Desgleichen verläuft auch innen der in den Axialspalt 25 mündende Labyrinth-Austritt 43 zwischen der Leitschaufeldeckplatte 20 und dem Laufschaufelfuss 21 einer gleichen Stufe schräg in der allgemeinen, im Kanal 50 herrschenden Strömungsrichtung. Um schädliche Wirbelkammern, in denen Energie dissipiert werden könnte, am Austritt der Labyrinth 43 zu vermeiden, ist die Rotorpartie an den entsprechenden Stellen mit Erhebungen 44 versehen, welche einen strömungsmässig günstigen Austritt erlauben.

**[0031]** Spezielle Vorkehrungen sind in der Ebene der oben erwähnten Entnahmestelle 30 zu treffen. Die strömungsbegrenzende Wandung 31 des Stators unmittelbar stromaufwärts der Leitschaufeln Le2 wird als Teil der mit dem Gegenknickwinkel B versehenen Wand ausgebildet. Rotorseitig kann in der Ebene der Entnahmestelle 30 die strömungsbegrenzende Wandung 32 des Rotors 9 unmittelbar stromabwärts der Laufschaufeln La1 als mit dem Knickwinkel AA versehene Wand ausgebildet werden.

**[0032]** Eine Ausführungsvariante hierzu wird in Fig. 2 gezeigt. Rotorseitig wird hier in der Ebene der Entnahmestelle 30 die Laufschaufel La1 mit der oben beschriebenen Verlängerung 22 ausgerüstet, während die Deckplatte 20' der stromabwärts gelegenen Leitschaufel Le2 mit einer eintrittsseitigen Verlängerung 33 versehen, welche auch die Partie mit dem Gegenknickwinkel BB umfasst.

**[0033]** Fig. 3 zeigt die Anwendung der Erfindung bei einer Hochdruckbeschaufelung mit Deckplattendichtung, in welcher der durchströmte Kanal 50 nur eine sehr schwache Konizität aufweist. Dargestellt sind 2 Stufen mit je einer Leitreihe Le und einer Laufreihe La. Die funktionsgleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1. Erkennbar sind die 3 Knickstellen X, Y, Z sowohl aussen am Zylinder als auch innen an der Nabe. In den Knickstellen X verlaufen die Wandungen 10 und 11 mit den Knickwinkeln A respektiv AA; in den Knickstellen Y mit den Gegenknickwinkeln B respektiv BB. Die Knickstellen Y und Z sind wieder mit Vorteil in die jeweilige Spaltmitte verlegt. Fer-

ner ist erkennbar, dass auch die andern oben beschriebenen Massnahmen wie die Schräge der nicht näher bezeichneten Labyrinth-Eintritte und die strömungskonforme Ausbildung der Labyrinth-Austritte bei einer solchen Beschaukelung realisiert werden können.

**[0034]** Fig. 4 zeigt die Anwendung der Erfindung bei einer Beschaukelung, in welcher die Schaufelenden der Laufschaufeln La1, La2, La3 mit der Spitze gegen die strömungsbegrenzenden Wandungen 10 des durchströmten Kanals 50 dichten. Ausserhalb des beschaukelten Bereiches werden diese Wandungen 10 durch die kanalseitige Innenwand des Stators gebildet. Die mit dem positiven Knickwinkel A versehene Wand am Laufschaufel-Austritt der betrachteten Stufe verläuft in Ihrer Längserstreckung zunächst radial auswärts in offenem Sinn. Die mit dem negativen Gegenknickwinkel B versehene Wand ist statorseitig von den, dem durchströmten Kanal zugekehrten Fussplatten 13 der Leitschaufeln Le2, Le3, Le4 der folgenden Stufe gebildet. Anschliessend an den mit Gegenknickwinkel versehene Wandteil verläuft die Wand radial einwärts so, dass sie zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt P mit der ursprünglichen geraden äusseren Kanalkontur 51 aufweist.

**[0035]** Auch die Schaufelenden der Leitschaufeln Le2, Le3, Le4 dichten mit der Spitze gegen die strömungsbegrenzenden Wandungen 11 des durchströmten Kanals 50. Rotorseitig wird die mit dem Knickwinkel AA und dem Gegenknickwinkel BB versehene Wand 11 von der Rotoroberfläche gebildet. Die mit dem positiven Knickwinkel AA versehene Wand am Laufschaufel-Austritt der betrachteten Stufe verläuft in Ihrer Längserstreckung zunächst radial auswärts. Die mit dem negativen Gegenknickwinkel BB versehene Wand verläuft anschliessend an den Gegenknickwinkel so, dass sie zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt PP mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur 52 aufweist.

**[0036]** Fig. 5 zeigt die 2 letzten Stufen der in Fig.1 gezeigten ND-Turbine mit einer Ausführungsvariante der Kanalkontur. Die Gegenknickwinkel werden hier durch Einführung von gekrümmten Konturen im Bereich der Leitschaufeln reduziert. Mit diesen gekrümmten Konturen lässt sich auch eine Reduktion des Plusdruckes in P sowie eine Steigerung des Minusdruckes in PP erzielen.

**[0037]** Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Die neue Idee kann z.B. nur am Stator oder - im Falle einer Deckplattenbeschaukelung - nur nach den Laufreihen verwirklicht werden, wenn beispielsweise Platzprobleme bestehen. Sie ist grundsätzlich bei allen Turbomaschinen anwendbar. Bei den bisherigen Beispielen wurde angenommen, dass der Totaldruck von der Nabe zum Zylinder zunimmt. Je nach Basisauslegung beziehungsweise Betriebspunkt, für den die Be-

schaufelung optimiert ist, kann der Totaldruckverlauf anders sein. Massgebend ist in jedem Fall, dass durch Anordnung von richtig dimensionierten und gerichteten Knickwinkeln in der Meridiankontur nach den Laufrädern der Totaldruckverlauf sowie der Abströmwinkelverlauf positiv beeinflusst werden kann, wobei positiv hier für Homogenisierung steht. Dabei sind ungestörte Wandflächen mit einer Mindestlänge von  $a/t = 0,5$  anzustreben. Wird dies realisiert, so erreicht man neben der angestrebten Totaldruck-Homogenisierung desweiteren, dass das Strömungsfeld, welches am Laufschaufelaustritt zirkulationsbedingt stark inhomogen ist, gegen schädliche Quereinflüsse abgeschirmt ist.

## 15 Bezugszeichenliste

### [0038]

8	Stator
20 9	Rotor
10	statorseitige strömungsbegrenzende Wand
11	rotorseitige strömungsbegrenzende Wand
13	Fussplatte der Leitschaufeln Le
14	Verlängerung von 13
25 15	Laufschaufel-Labyrinth
16	Deckplatte der Laufschaufel La
17	Verlängerung von 16
18	Axialspalt zwischen 14 und 16
19	Leitschaufel-Labyrinth
30 20	Deckplatte der Leitschaufel Le
20'	Deckplatte der Leitschaufel Le2'
21	Fussplatte der Laufschaufel La
22	Verlängerung von 21
23	Axialspalt zwischen 22 und 20
35 24	Verlängerung von 20
25	Axialspalt zwischen 20 und 21
26	Axialspalt zwischen 17 und 13
30	Entnahme
31	strömungsbegrenzende Wandung statorseitig nach Entnahme
40 32	strömungsbegrenzende Wandung rotorseitig nach Entnahme
33	eintrittsseitige Verlängerung der Le-Deckplatte
40	Labyrinth-Eintritt aussen
45 41	Labyrinth-Eintritt innen
42	Labyrinth-Austritt aussen
43	Labyrinth-Austritt innen
44	Erhebungen am Rotor
50	durchströmter Kanal
50 51	äussere Kanalkontur
52	innere Kanalkontur
La1, La2 ...	Laufschaufeln
Le1, Le2 ...	Leitschaufeln
55 A	Knickwinkel aussen
AA	Knickwinkel innen
B	Gegenknickwinkel aussen
BB	Gegenknickwinkel innen

P Intersektion mit gerader äusserer Kanal-  
kontur

PP Intersektion mit gerader innerer Kanal-  
kontur

5

### Patentansprüche

1. Mehrstufige Beschaukelung einer axial durchströmten Turbomaschine mit einem durchströmten Kanal (50) mit einer statorseitigen strömungsbegrenzenden Wand (10) und einer rotorseitigen strömungsbegrenzenden Wand (11), die in Bezug zur Maschinenlängsachse wechselnde Steigungen aufweisen, und die in dem Abstand zwischen den Leitschaufeln (Le1, Le2, ...) und den Laufschaufeln (La1, La2, ...) einen Knickwinkel (A, AA) bilden, **dadurch gekennzeichnet,**

10

**dass** die statorseitige und/oder die rotorseitige strömungsbegrenzende Wand (10) und/oder (11) des durchströmten Kanals (50) unmittelbar am Austritt der Laufschaufeln (La1, La2, La3) mit einem Knickwinkel (A, AA) versehen ist, welcher so bemessen ist, dass die Abströmung aus den Laufschaufeln (La1, La2, La3) bezüglich Totaldruck und Abströmwinkel homogenisiert wird, und dass diese Wand (10) und/oder (11) zumindest annähernd im Eintrittsbereich der Leitschaufeln (Le2, Le3) der folgenden Stufe mit einem Gegenknickwinkel (B, BB) versehen ist.

15

20

25

2. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 1, bei welcher die Schaufelenden der Laufschaufeln (La1, La2, La3) mit der Spitze gegen die strömungsbegrenzenden Wandungen des durchströmten Kanals (50) dichten, **dadurch gekennzeichnet,**

30

**dass** die mit dem Gegenknickwinkel (B) versehene Wand statorseitig von den, dem durchströmten Kanal zugekehrten Fussplatten (13) der Leitschaufeln (Le2, Le3, Le4) der folgenden Stufe gebildet ist und anschliessend an den Gegenknickwinkel so verläuft, dass sie zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt (P) mit der ursprünglichen geraden äusseren Kanalkontur (51) aufweist.

35

40

45

3. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 2, bei welcher die Schaufelenden der Leitschaufeln (Le2, Le3, Le4) mit der Spitze gegen die strömungsbegrenzenden Wandungen des durchströmten Kanals dichten, **dadurch gekennzeichnet,**

50

- **dass** die mit dem Knickwinkel (AA) und dem Gegenknickwinkel (BB) versehene Wand (11) rotorseitig von der Rotoroberfläche gebildet ist,
- **dass** die mit dem Knickwinkel (AA) versehene Wand am Laufschaufel-Austritt der betrachte-

55

ten Stufe in Ihrer Längserstreckung zunächst radial auswärts verläuft,  
- und **dass** die mit dem Gegenknickwinkel (BB) versehene Wand anschliessend an den Gegenknickwinkel so verläuft, dass sie zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt (PP) mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur (52) aufweist.

4. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 1, bei welcher die Schaufelenden der Laufschaufeln (La1, La2, La3) über eine mit Labyrinth (15) versehene Deckplatte (16) gegen den Stator (8) dichten, wobei die strömungsbegrenzende Kontur des durchströmten Kanals im Bereich des Laufschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Deckplatte (16) der Laufschaufeln (La1, La2, La3) und im Bereich des Leitschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Fussplatte (13) der Leitschaufeln (Le1, Le2, Le3) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die mit dem Knickwinkel (A) versehene Wand (10) am Austritt der Laufschaufel als Verlängerung (17) der Deckplatte (16) ausgebildet ist.

5. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die mit dem Gegenknickwinkel (B) versehene Wand im Fussbereich der stromabwärts gelegenen Leitschaufel (Le2, Le3) anschliessend an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts verläuft, und dass sie am Leitschaufelaustritt mit einer Verlängerung (14) versehen ist,

so dass die resultierende strömungsbegrenzende Wandung, welche zwischen verlängertem Leitschaufelfuss und darauffolgender Laufschaufeldeckplatte (16) durch einen Axialspalt (18) unterbrochen ist, zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt (P) mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur (51) aufweist.

6. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 4, bei welcher im Bereich zwischen den Laufschaufeln einer Stufe und den Leitschaufeln der darauffolgenden Stufe im Stator (8) zumindest annähernd radial gerichtete Entnahmestellen (30) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die strömungsbegrenzende Wandung (31) des Stators unmittelbar stromaufwärts der Leitschaufeln als Teil der mit dem Gegenknickwinkel (B) versehenen Wand ausgebildet ist.

7. Mehrstufige Beschaukelung nach Anspruch 1, bei welcher die Schaufelenden der Leitschaufeln (Le2, Le3) über eine mit Labyrinth (19) versehene Deckplatte (20) gegen den Rotor (9) dichten, wobei

die strömungsbegrenzende Kontur des durchströmten Kanals im Bereich des Laufschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Fussplatte (21) der Laufschaufeln (La1, La2, La3) und im Bereich des Leitschaufelblattes durch die dem Kanal zugekehrte Deckplatte (20) der Leitschaufeln (Le2, Le3) gebildet ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die mit dem Knickwinkel (AA) versehene Wand am Austritt der Laufschaufel als Verlängerung (22) der Fussplatte (21) ausgebildet ist und sich bis in den Axialspalt (23) zwischen verlängerter Fussplatte der Laufschaufel und Deckplatte (20) der stromabwärts gelegenen Leitschaufel erstreckt.

8. Mehrstufige Beschauelung nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die in ihrem Eintrittsbereich mit dem Gegenknickwinkel (BB) versehene Wand in der Deckplatte (20) der stromabwärts gelegenen Leitschaufel anschliessend an den Gegenknickwinkel wieder radial einwärts verläuft, und

**dass** sie am Leitschaufelaustritt mit einer Verlängerung (24) versehen ist,

so dass die resultierende strömungsbegrenzende Wandung, welche zwischen verlängerter Leitschaufeldeckplatte und darauffolgender Laufschaufelfussplatte (21) durch einen Axialspalt (25) unterbrochen ist, zumindest annähernd in der Ebene des Laufschaufel-Eintritts dieser folgenden Stufe einen gemeinsamen Punkt (PP) mit der ursprünglichen geraden Kanalkontur (52) aufweist.

9. Mehrstufige Beschauelung nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** rotorseitig in der Ebene der Entnahmestelle (30) die strömungsbegrenzende Wandung (32) des Rotors (9) unmittelbar stromabwärts der Laufschaufeln als mit dem Knickwinkel (AA) versehene Wand ausgebildet ist.

10. Mehrstufige Beschauelung nach den Ansprüchen 6 und 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** rotorseitig in der Ebene der Entnahmestelle (30) die Deckplatte (20') der stromabwärts gelegenen Leitschaufel mit einer eintrittsseitigen Verlängerung (33) versehen ist.

11. Mehrstufige Beschauelung nach den Ansprüchen 5 und 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Labyrinth-Eintritte (40,41) zwischen den Leitschaufelfüssen (13) und den Laufschaufeldeckplatten (16) einer gleichen Stufe sowie zwischen den Laufschaufelfüssen (21) einer Stufe und den Leitschaufeldeckplatten (20) der folgenden Stufe entgegen der allgemeinen Strömungsrichtung im

Kanal schräg verlaufen.

12. Mehrstufige Beschauelung nach den Ansprüchen 5 und 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die in den Axialspalt (26, 25) mündenden Labyrinth-Austritte (42, 43) zwischen den Laufschaufeldeckplatten (16) einer Stufe und den Leitschaufelfüssen (13) der darauf folgenden Stufe sowie zwischen den Leitschaufeldeckplatten (20) und den Laufschaufelfüssen (21) einer gleichen Stufe in der allgemeinen, im Kanal (50) herrschenden Strömungsrichtung verlaufen.

13. Mehrstufige Beschauelung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Labyrinth-Austritte (42, 43) verengt sind.

## 20 Claims

1. Multi-stage blade system of an axial flow turbomachine, having a channel (50) through which flow passes, with a wall (10) which bounds the flow on the stator side and a wall (11) which bounds the flow on the rotor side, which walls have inclinations which change with respect to the longitudinal axis of the machine, and which form a bend angle (A, AA) in the space between the stator blades (Le1, Le2, ...) and the rotor blades (La1, La2, ...), **characterized in that** the wall (10) and/or (11) which bounds the flow on the stator side and/or rotor side of the channel (50) through which flow passes is provided immediately at the outlet of the rotor blades (La1, La2, La3) with a bend angle (A, AA) which is dimensioned such that the outlet flow from the rotor blades (La1, La2, La3) is homogenized in terms of the total pressure and outlet flow angle, and **in that** this wall (10) and/or (11) is provided with an opposing bend angle (B, BB) at least approximately in the inlet region of the stator blades (Le2, Le3) of the following stage.

2. Multi-stage blade system according to Claim 1, in which the blade ends of the rotor blades (La1, La2, La3) seal with the tip against the walls which bound the flow of the channel (50) through which flow passes,

**characterized in that** the wall which is provided with the opposing bend angle (B) is formed on the stator side by the footplates (13), which face the channel through which flow passes, of the stator blades (Le2, Le3, Le4) of the following stage and subsequently runs past the opposing bend angle such that it has a common point (P) with the original straight outer channel contour (51) at least approximately in the plane of the rotor blade inlet of this following stage.

3. Multi-stage blade system according to Claim 2, in which the blade ends of the stator blades (Le2, Le3, Le4) are sealed at the tip against the walls which bound the flow of the channel through which flow passes, **characterized**

- **in that** the wall (11) which is provided with the bend angle (AA) and the opposing bend angle (BB) is formed on the rotor side by the rotor surface,
- **in that** the longitudinal extent of the wall, which is provided with the bend angle (AA), on the rotor blade outlet of the stage under consideration initially runs radially outwards,
- and **in that** the wall which is provided with the opposing bend angle (BB) runs after the opposing bend angle such that it has a common point (PP) with the original straight channel contour (52) at least approximately in the plane of the rotor blade inlet of this following stage.

4. Multi-stage blade system according to Claim 1, in which the blade ends of the rotor blades (La1, La2, La3) are sealed against the stator (8) via a covering plate (16) which is provided with labyrinths (15), the contour which bounds the flow of the channel through which flow passes being formed in the region of the rotor blade itself by the covering plate (16), which faces the channel, of the rotor blades (La1, La2, La3), and being formed in the region of the stator blade itself by the footplate (13), which faces the channel, of the stator blades (Le1, Le2, Le3),

**characterized in that** the wall (10) which is provided with the bend angle (A) is designed at the outlet of the rotor blades as an extension (17) of the covering plate (16).

5. Multi-stage blade system according to Claim 4, **characterized in that** the wall which is provided with the opposing bend angle (B) runs radially inwards again, after the opposing bend angle, in the foot region of the stator blades (Le2, Le3) which are located downstream, and **in that** said wall is provided at the stator blade outlet with an extension (14) so that the resultant wall which bounds the flow and is interrupted between the extended stator blade foot and the subsequent rotor blade covering plate (16) by an axial gap (18) has a common point (P) with the original straight channel contour (51) at least approximately in the plane of the rotor blade inlet of this following stage.

6. Multi-stage blade system according to Claim 4, in which tap-off points (30), which are directed at least approximately radially, are arranged in the region between the rotor blades of one stage and the stator blades of the subsequent stage in the stator (8),

**characterized in that** the wall (31) which bounds the flow of the stator is designed immediately upstream of the stator blades as part of the wall which is provided with the opposing bend angle (B).

7. Multi-stage blade system according to Claim 1, in which the blade ends of the stator blades (Le2, Le3) are sealed against the rotor (9) via a covering plate (20) which is provided with labyrinths (19), the contour which bounds the flow of the channel through which flow passes being formed in the region of the rotor blade itself by the footplate (21), which faces the channel, of the rotor blades (La1, La2, La3), and being formed in the region of the stator blade itself by the covering plate (20), which faces the channel, of the stator blades (Le2, Le3),

**characterized in that** the wall, which is provided with the bend angle (AA), is designed at the outlet of the rotor blade as an extension (22) of the footplate (21) and extends into the axial gap (23) between the extended footplate of the rotor blades and the covering plate (20) of the stator blades which are located downstream.

8. Multi-stage blade system according to Claim 7, **characterized in that** the wall which is provided in its inlet region with the opposing bend angle (BB) runs radially inwards again in the covering plate (20) of the stator blade which is located downstream, after the opposing bend angle, and **in that** said wall is provided with an extension (24) at the stator blade outlet,

so that the resultant wall which bounds the flow and is interrupted between the extended stator blade covering plate and the subsequent rotor blade footplate (21) by an axial gap (25) has a common point (PP) with the original straight channel contour (52) at least approximately in the plane of the rotor blade inlet of this following stage.

9. Multi-stage blade system according to Claim 6, **characterized in that**, on the rotor side in the plane of the tap-off point (30), the wall (32), which bounds the flow, of the rotor (9) is designed immediately downstream of the rotor blades as the wall which is provided with the bend angle (AA).

10. Multi-stage blade system according to Claims 6 and 7, **characterized in that**, on the rotor side in the plane of the tap-off point (30), the covering plate (20') of the stator blades which are located downstream is provided with an extension (33) on the inlet side.

11. Multi-stage blade system according to Claims 5 and 7, **characterized in that** the labyrinth inlets (40, 41) between the stator blade feet (13) and the rotor

blade covering plates (16) of the same stage and between the rotor blade feet (21) of one stage and the stator blade covering plates (20) of the following stage run obliquely in the channel against the general flow direction.

12. Multi-stage blade system according to Claims 5 and 8,

**characterized in that** the labyrinth outlets (42, 43), which open into the axial gap (26, 25), between the rotor blade covering plates (16) of one stage and the stator blade feet (13) of the subsequent stage as well as between the stator blade covering plates (20) and the rotor blade feet (21) of the same stage run in the general flow direction which prevails in the channel (50).

13. Multi-stage blade system according to Claim 12, **characterized in that** the labyrinth outlets (42, 43) are constricted.

#### Revendications

1. Aubage multiétagé d'une turbomachine traversée axialement, présentant un canal traversé (50) avec une paroi (10) côté stator limitant l'écoulement et une paroi (11) côté rotor limitant l'écoulement, qui présentent par rapport à l'axe longitudinal de la machine des inclinaisons variables et qui forment sur la distance entre les aubes fixes (Le1, Le2,...) et les aubes mobiles (La1, La2,...) un angle de pli (A, AA), **caractérisé en ce que** la paroi (10) côté stator et/ou la paroi (11) côté rotor limitant l'écoulement du canal traversé (50) sont (est) pourvue(s), immédiatement à la sortie des aubes mobiles (La1, La2, La3), d'un angle de pli (A, AA) qui est dimensionné de telle façon que l'écoulement à partir des aubes mobiles (La1, La2, La3) soit homogénéisé en ce qui concerne la pression totale et l'angle d'écoulement et **en ce que** cette paroi (10) et/ou cette paroi (11) sont (est) pourvue(s) au moins approximativement dans la zone d'entrée des aubes fixes (Le2, Le3) de l'étage suivant d'un angle de pli opposé (B, BB).
2. Aubage multiétagé selon la revendication 1, dans lequel les extrémités d'aube des aubes mobiles (La1, La2, La3) forment avec leur pointe une étanchéité par rapport aux parois limitant l'écoulement du canal traversé (50), **caractérisé en ce que** la paroi pourvue d'un angle de pli opposé (B) est formée côté stator par les plaques de base (13) des aubes fixes (Le2, Le3, Le4) de l'étage suivant, tournées vers le canal traversé et s'étend selon l'angle de pli opposé de façon à présenter du moins approximativement dans le plan de l'entrée d'aube mobile de cet étage suivant un point commun (P) avec le contour (51) de canal extérieur rectiligne ori-

ginal.

3. Aubage multiétage selon la revendication 2, dans lequel les extrémités d'aube des aubes fixes (Le2, Le3, Le4) forment avec la pointe une étanchéité par rapport aux parois limitant l'écoulement du canal traversé, **caractérisé en ce que**

- la paroi (11) pourvue de l'angle de pli (AA) et de l'angle de pli opposé (BB) est formée côté rotor par la surface du rotor
- la paroi pourvue de l'angle de pli (AA) à la sortie d'aube mobile de l'étage considéré s'étend dans son étendue longitudinale d'abord radialement vers l'extérieur
- et la paroi pourvue de l'angle de pli opposé (BB) s'étend selon l'angle de pli opposé de façon à présenter au moins approximativement dans le plan de l'entrée d'aube mobile de cet étage suivant un point commun (PP) avec le contour (52) de canal rectiligne original.

4. Aubage multiétagé selon la revendication 1, dans lequel les extrémités d'aube des aubes mobiles (La1, La2, La3) forment une étanchéité par rapport au stator (8) via une plaque de recouvrement (16) pourvue de labyrinthes (15), le contour limitant l'écoulement du canal traversé étant formé dans la zone du corps d'aube mobile par la plaque de recouvrement (16) tournée vers le canal des aubes mobiles (La1, La2, La3) et dans la zone du corps d'aube fixe par la plaque de base (13) tournée vers le canal des aubes fixes (Le1, Le2, Le3) **caractérisé en ce que** la paroi (10) pourvue de l'angle de pli (A) à la sortie de l'aube mobile est conformée en tant que prolongement (17) de la plaque de recouvrement (16).

5. Aubage multiétagé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la paroi pourvue de l'angle de pli opposé (B) dans la zone de base de l'aube fixe (Le2, Le3) située en aval s'étend suivant l'angle de pli opposé à nouveau radialement vers l'intérieur, et **en ce qu'elle** est pourvue à la sortie d'aube fixe d'un prolongement (14) de sorte que la paroi résultante limitant l'écoulement qui est interrompue entre la base d'aube fixe prolongée et la plaque de recouvrement consécutive d'aube mobile (16) par une fente axiale présente au moins approximativement dans le plan de l'entrée d'aube mobile de cet étage suivant un point commun (P) avec le contour (51) de canal rectiligne original.

6. Aubage multiétagé selon la revendication 4, dans lequel des endroits de soutirage (30) orientés au moins approximativement radialement sont disposés dans le stator dans la zone entre les aubes mobiles d'un étage et les aubes fixes de l'étage suivant

celui-ci, **caractérisé en ce que** la paroi (31) du stator limitant l'écoulement immédiatement en amont des aubes fixes est conformée en tant que partie de la paroi pourvue de l'angle de pli opposé (B).

7. Aubage multiétagé selon la revendication 1, dans lequel les extrémités d'aube des aubes fixes (Le2, Le3) forment une étanchéité par rapport au rotor (9) via une plaque de recouvrement (20) pourvue de labyrinthes (19), le contour du canal traversé limitant l'écoulement étant formé dans la zone du corps d'aube mobile par la plaque de base (21) des aubes mobiles (La1, La2, La3) tournée vers le canal et dans la zone du corps d'aube fixe par la plaque de recouvrement (20) des aubes fixes (Le2, Le3) tournée vers le canal, **caractérisé en ce que** la paroi pourvue de l'angle de pli (AA) à la sortie de l'aube mobile est conformée en tant que prolongement (22) de la plaque de base (21) et s'étend jusque dans la fente axiale (23) entre la plaque de base prolongée de l'aube mobile et la plaque de recouvrement (20) de l'aube fixe située en aval.
8. Aubage multiétage selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la paroi pourvue de l'angle de pli opposé (BB) dans sa zone d'entrée dans la plaque de recouvrement (20) de l'aube fixe située en aval s'étend à nouveau radialement vers l'intérieur suivant l'angle de pli opposé, et **en ce qu'**elle est pourvue d'un prolongement (24) à la sortie d'aube fixe, de sorte que la paroi résultante limitant l'écoulement, qui est interrompue entre la plaque allongée de recouvrement d'aube fixe et la plaque de base d'aube mobile (21) suivant celle-ci par une fente axiale (25) présente au moins approximativement dans le plan de l'entrée d'aube mobile de cet étage suivant un point commun (PP) avec le contour (52) de canal rectiligne original.
9. Aubage multiétagé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la paroi limitant l'écoulement (32) du rotor (9) immédiatement en aval des aubes mobiles est conformée côté rotor dans le plan de l'endroit de soutirage (30) en tant que paroi pourvue de l'angle de pli (AA).
10. Aubage multiétagé selon les revendications 6 et 7, **caractérisé en ce que** la plaque de recouvrement (20) de l'aube fixe située en aval est pourvue côté rotor dans le plan de l'endroit de soutirage (30) d'un prolongement (33) côté entrée.
11. Aubage multiétagé selon les revendications 5 et 7, **caractérisé en ce que** les entrées de labyrinthe (40, 41) entre les bases d'aube fixe (13) et les plaques de recouvrement d'aube mobile (16) d'un même étage ainsi qu'entre les bases d'aube mobile (21) d'un étage et les plaques de recouvrement

d'aube fixe (20) de l'étage suivant s'étendent de façon inclinée et opposée au sens d'écoulement général dans le canal.

- 5 12. Aubage multiétagé selon les revendications 5 et 8, **caractérisé en ce que** les sorties de labyrinthe (42, 43) débouchant dans la fente axiale (26, 25) entre les plaques de recouvrement d'aube mobile (16) d'un étage et les bases d'aube fixe (13) de l'étage suivant celui-ci ainsi qu'entre les plaques de recouvrement d'aube fixe (20) et les bases d'aube mobile (21) d'un même étage s'étendent dans le sens d'écoulement général régnant dans le canal (50).
- 10 13. Aubage multiétagé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les sorties de labyrinthe (42, 43) sont élargies.
- 15 20 25 30 35 40 45 50 55

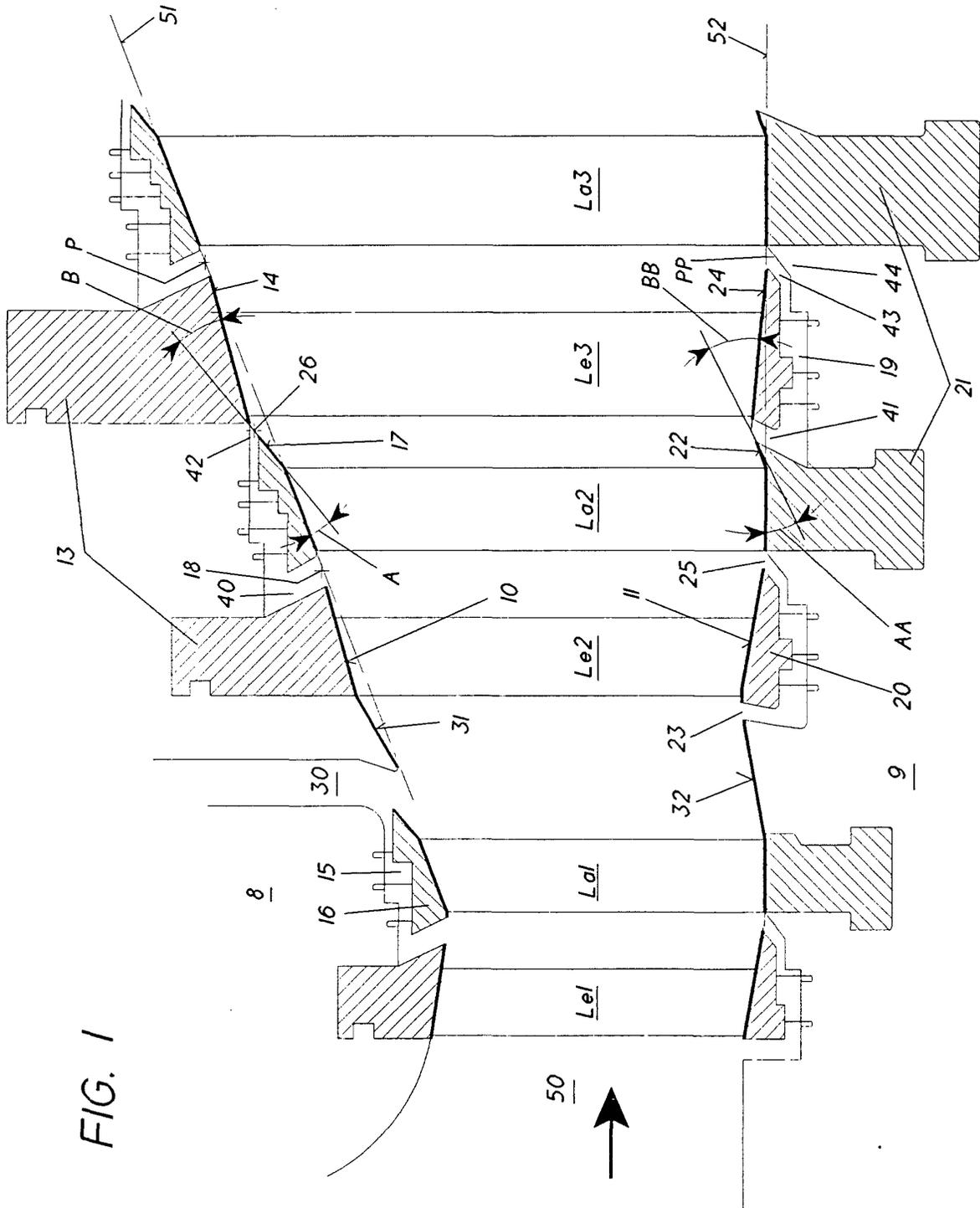


FIG. 1

FIG. 5

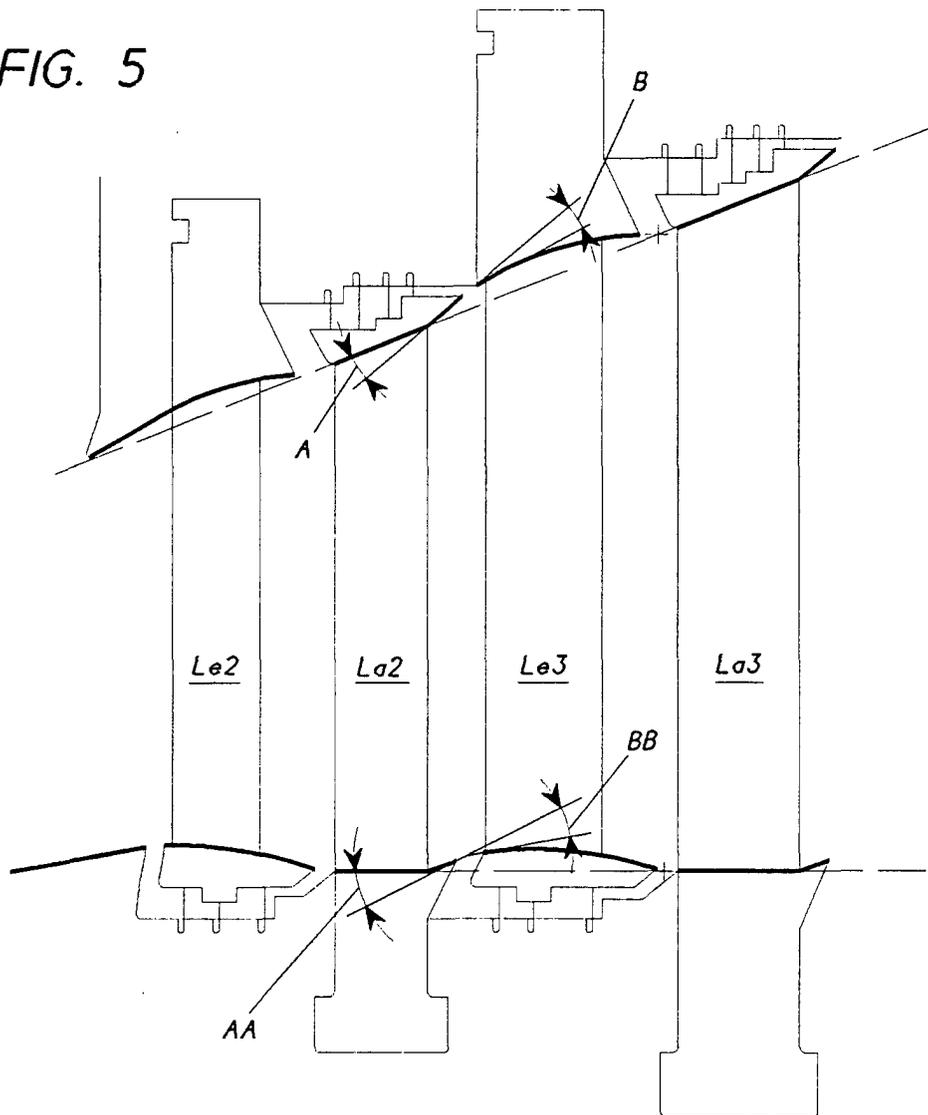


FIG. 2

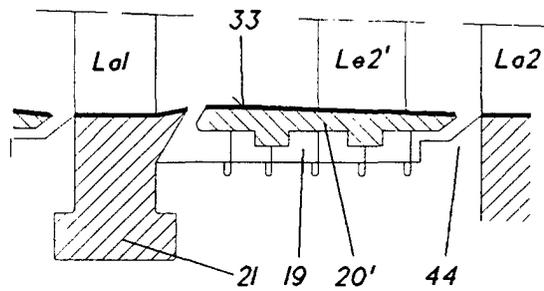


FIG. 3

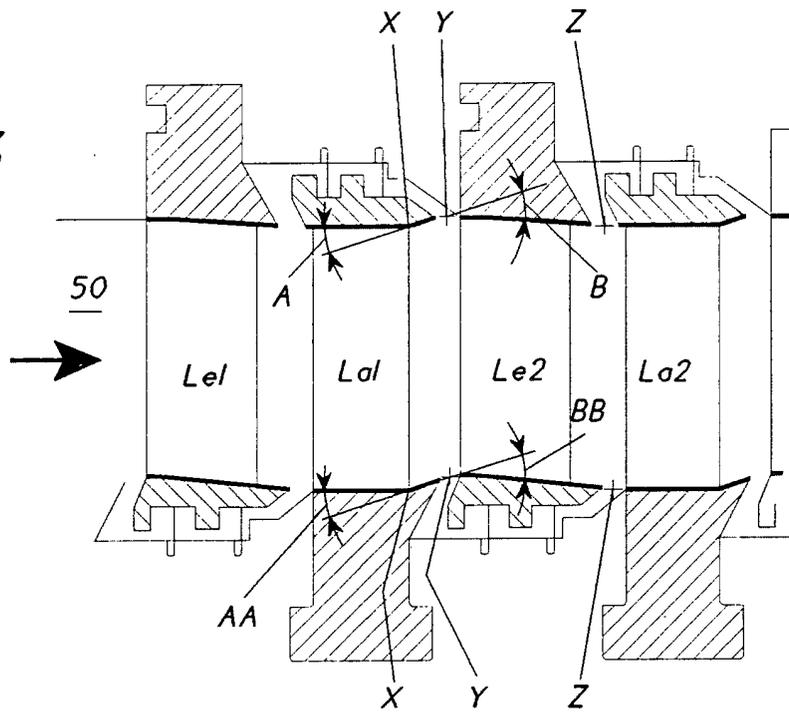


FIG. 4

