

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Januar 2010 (07.01.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/000788 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/058290
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 1. Juli 2009 (01.07.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:** 10 2008 031 789.6 4. Juli 2008 (04.07.2008) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** DORFNER, Christian [DE/DE]; Nibelungenstr. 8, 53859 Niederkassel (DE). NICKE, Eberhard [DE/DE]; Alter Weg 1, 53819 Neunkirchen-Seelscheid (DE).
- (74) **Anwalt:** KRÜGER, Florian; von Kreisler Selting Werner, Bahnhofsvorplatz 1, Deichmannhaus am Dom, 50667 Köln (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR INFLUENCING SECONDARY FLOWS IN A TURBOMACHINE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEEINFLUSSUNG VON SEKUNDÄRSTRÖMUNGEN BEI EINER TURBOMASCHINE

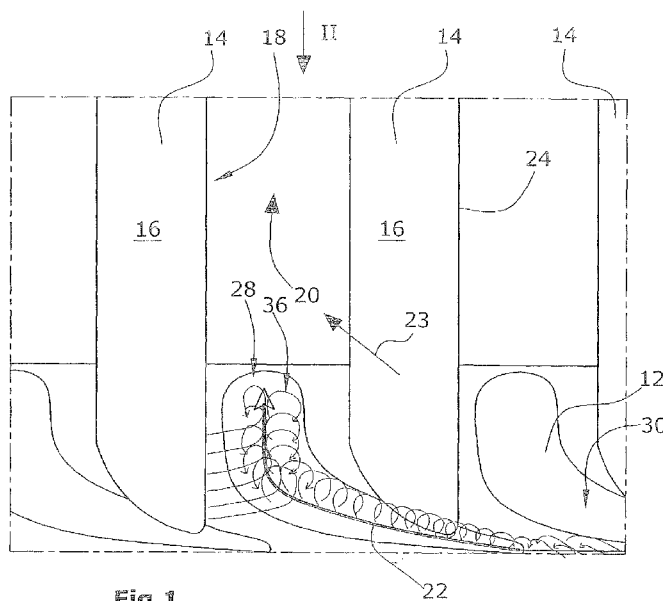


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for influencing secondary flows in a passage (20) between two adjacent rotating blades and guide vanes (14) of a turbomachine. Said blades project respectively from a lateral wall (12) of a hub or a housing of the turbomachine, and a fluid flows through the passage (20) in a main flow direction (23). According to the method, the following step is carried out in order to reduce internal losses: a stable auxiliary fluid whirl (36) is generated, said whirl rotating in the passage, perpendicular to the main flow direction (23) and in the opposite direction to a secondary whirl (28), using a whirl channel (30) formed in the lateral wall (12) of the hub or housing. Said channel is not rotationally symmetrical in relation to the hub axis.

(57) **Zusammenfassung:** Ein Verfahren zur Beeinflussung von Sekundärströmungen in einer Passage (20) zwischen zwei benachbarten Lauf- und Leitschaufeln (14) einer Turbomaschine, wobei die Schaufeln jeweils von einer Seitenwand (12) einer Nabe oder eines Gehäuses der Turbomaschine abstehen, und wobei die Passage (20) in einer Hauptströmungsrichtung (23)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/000788 A2

von einem Fluid durchströmt wird, enthält zum Verringern innerer Verluste den Schritt: Erzeugen eines stabilen Fluid-Hilfswirbels (36), der in der Passage (20) senkrecht zur Hauptströmungsrichtung (23) und entgegengesetzt zu einem Sekundärwirbel (28) rotiert, unter Verwendung eines in der Naben- oder Gehäuseseitenwand (12) ausgebildeten Wirbelkanals (30), der in Bezug auf die Nabenachse nicht rotationssymmetrisch ist.

Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von Sekundärströmungen bei einer Turbomaschine

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Reduzieren von Sekundärströmungen in einer Passage zwischen zwei benachbarten Lauf- und Leitschaufeln einer Turbomaschine, wobei die Leitschaufeln jeweils von einer Seitenwand einer Nabe der Turbomaschine abstehen, und wobei die Passage in einer Hauptströmungsrichtung von einem Fluid durchströmt wird.

Das anströmende Fluid wird in Hauptströmungsrichtung entsprechend der Geometrie der Schaufeln umgelenkt. Bei idealisierter Durchströmung der Schaufelpassage sind die auf ein Fluidpartikel wirkenden Druck- und Fliehkräfte im Gleichgewicht. An Nabenseitenwand und Gehäuseseitenwand bilden sich

- 2 -

aufgrund von Reibung Seitenwandgrenzschichten mit energiearmem Fluid. Zwischen der Druckseite und der Saugseite der benachbarten Leitschaufeln wird ein Druckgradient gebildet, der zu einem Quertransport des energiearmen Fluids der Seitenwandgrenzschicht führt. Neben der Hauptströmungsrichtung entsteht so eine Sekundärströmung von der Druckseite zur gegenüberliegenden Saugseite entlang der Naben- und Gehäuseseitenwand. Bei ca. 50 % der radialen Schaufelhöhe bildet sich eine ausgleichende gegenläufige Strömung, die mit der Strömung entlang der Naben- und Gehäuseseitenwand einen Sekundärwirbel bildet.

Derartige Sekundärwirbel und Sekundärströmungen führen zu Totaldruckverlusten oder zur Reduktion des isentropen Verdichterwirkungsgrades innerhalb der Passage. Zudem entsteht durch den Sekundärwirbel das Problem der Eckenablösung, die durch besonders niederenergetisches Fluid und signifikante Rückströmgebiete an Schaufel- und Seitenwand gekennzeichnet ist, wodurch an der Hinterkante der jeweiligen Schaufelreihe Nachlaufzellen aufgrund der endlichen Hinterkantendicke sowie Gebiete hoher Viskosität an den Ecken zwischen Saugseite und den Naben- und Gehäuseseitenwänden verstärkt werden.

Eine bekannte Möglichkeit zur Beeinflussung und Kontrolle von Sekundärströmungsphänomenen besteht in der Absaugung der Seitenwand- und/oder Schaufelgrenzschicht durch Einblasung von Massenstrom an geeigneten Positionen vor oder hinter der Schaufelreihe oder in der Passage. Hierbei muss zusätzliche Energie zum Transport des abgesaugten oder eingeblasenen Massenstroms zur Verfügung gestellt werden. Bei der Absaugung wird direkt ein Massenverlust in Kauf genommen, welcher die aerodynamischen Verbesserungen durch die aktive Beeinflussung zu einem Teil wieder aufzehrt.

Alternativ kann die Sekundärströmung in Turbomaschinenkomponenten passiv durch zum Beispiel Grenzschichtzäune oder zusätzliche Leitbleche zur

- 3 -

Strömungsführung beeinflusst werden, was immer umfangreiche konstruktive Maßnahmen zur Führung des Massenstroms bedeutet. Bei diesen Methoden muss großer konstruktiver Aufwand betrieben werden. Die Grenzschichtzäune und Leitbleche sind erheblichen Kräften ausgesetzt, wodurch Lebensdauer und strukturelle Festigkeit reduziert sind. Grenzschichtzäune erfordern zusätzliche Bauteile. Neben einer Vergrößerung der reibenden Oberflächen ergeben sich die strukturellen Limitierungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beeinflussen von Sekundärströmungen in einer Passage zwischen zwei benachbarten Leitschaufeln einer Turbomaschine zu schaffen, um innere Verluste zu reduzieren.

Der erfindungsgemäße Verfahren wird definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 1. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 9.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein stabiler Hilfswirbel des die Passage durchströmenden Fluids unter Verwendung eines in der Nabenseitenwand ausgebildeten Wirbelkanals erzeugt. Der Wirbelkanal ist in Bezug auf die Nabenachse nicht rotationssymmetrisch, wodurch der erzeugte Hilfswirbel in der Passage senkrecht zur Hauptströmungsrichtung und entgegengesetzt zu einem Sekundärwirbel rotiert. Der Hilfswirbel dreht also in einer Ebene senkrecht zur Hauptströmungsrichtung und seine Drehrichtung ist gegenläufig zu derjenigen des Sekundärwirbels. Der Hilfswirbel ist dadurch ein aerodynamischer Separator, welcher dem Sekundärwirbel entgegenwirkt. Der Hilfswirbel verhindert den Massentransport des Fluids zur Schaufelzugseite, wodurch die Interaktion der Seitenwand- und Schaufelgrenzschicht, deren Zusammenwachsen oder das Entstehen von Eckenablösung verhindert werden. Auf der Seitenwand bildet sich in den Berührungspunkten der beiden Wirbel eine Ablöselinie in Hauptströmungsrichtung aus.

- 4 -

Der Wirbelkanal ist in der Gehäuse- und/oder in der Nabenseitenwand ausgebildet, verläuft in Hauptströmungsrichtung und ist in Bezug auf die Nabenachse nicht rotationssymmetrisch. Beim Strömen des Fluids in Hauptströmungsrichtung entlang des Wirbelkanals wird ein stabiler Fluid-Hilfswirbel erzeugt, der senkrecht zur Hauptströmungsrichtung und entgegengesetzt zu einem Sekundärwirbel rotiert.

Der Hilfswirbel und der Sekundärwirbel heben sich gegenseitig beim Durchströmen der Passage auf. Der Totaldruckverlustbeiwert wird um ca. 30% reduziert.

Vorzugsweise ist der Wirbelkanal als konkave Vertiefung der Nabenseitenwand in Form einer Kehle ausgebildet, wobei der Wirbelkanal in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung stromaufwärts mit der Nabenseitenwand eine Abrisskante bildet und an der der benachbarten Druckseite einer Leitschaufel zugewandten Seite eine Flanke bildet. Das Fluid durchströmt den Wirbelkanal in Hauptströmungsrichtung und wird an der Abrisskante verwirbelt. Vorzugsweise bildet die Abrisskante mit der Nabenseitenwand einen Winkel zwischen 30° und 60° , vorzugsweise etwa 45° . Die Flanke bewirkt eine Führung des Hilfswirbels in Hauptströmungsrichtung durch die Passage, wodurch ein Wirbel erzeugt wird, der entgegen der Richtung des Kanalwirbels rotiert. Im Bereich der Flanke stoßen der Hilfswirbel und der Sekundärwirbel aufeinander und bilden eine Ablöselinie aus. Der Hilfswirbel trifft im Bereich der Flanke auf den Sekundärwirbel und verhindert, dass durch den Sekundärwirbel ein Massentransport in Richtung auf die Saugseite erfolgt.

Die geometrische Form, die Tiefe sowie Form und Winkel der Abrisskante und der Flanke werden idealerweise derart gewählt, dass der Hilfswirbel mit gleicher Intensität und Geschwindigkeit wie der Sekundärwirbel rotiert. Der Hilfswirbel wird in Hauptströmungsrichtung durch die Passage transportiert und wirkt an jedem Punkt entlang der Ablöselinie dem Sekundärwirbel entgegen.

Vorzugsweise beginnt der Wirbelkanal in Hauptströmungsrichtung vor dem Beginn der Passage und endet in Hauptströmungsrichtung im Bereich des Passagen-Endes, damit der Hilfwirbel im Bereich der Schaufelhinterkante an Intensität verliert und dissipiert, um eine Interaktion mit der stromabwärts folgenden Schaufelreihe zu vermeiden.

Die Abrisskante kann in Form eines Ausrundungsradius oder als scharfkantige Ecke ausgebildet sein.

Der Hilfwirbel sollte weder mit der saug- noch mit der druckseitigen Grenzschicht der Schaufeln in Interaktion treten. Eine derartige Interaktion zwischen der Saugseitengrenzschicht der Schaufel und dem Hilfwirbel kann dadurch vermieden werden, dass zwischen Wirbelkanal und Leitschaufel ein ausreichender Abstand verbleibt. Die Breite des Wirbelkanals sollte mit der Teilung, d.h. dem Abstand zweier benachbarter Schaufeln, skaliert werden.

Nach Überströmung der vorderen Abrisskante des Wirbelkanals rollt sich das Fluid der einlaufenden Seitenwandgrenzschicht zu einem stabilen Hilfwirbel innerhalb der Kehle auf. Die Hauptströmung führt diesen Wirbel dann entlang des entsprechend geformten Wirbelkanals und erzeugt so den aerodynamischen Separator, an welchem der Quertransport des Seitenwandgrenzschichtmaterials unterbunden wird. Am Übergang des Wirbelkanals zur rotationssymmetrischen Seitenwand in der Passagen-Mitte bildet sich die Ablöselinie aufgrund der beiden entgegengesetzt rotierenden Wirbel aus.

Im Folgenden wird anhand der Figuren ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Figur 2 eine Draufsicht aus Richtung des Pfeils II in Figur 1.

Figur 1 zeigt die umfangsseitige Oberfläche der Nabe einer Schaufelreihe. Die Schaufelreihe kann von der Nabe eines Leitrades nach außen abstehen oder von dem umgebenden Gehäuse eines Leitrades nach innen abstehen. Zu sehen ist die Nabenseitenwand 12, von der in radialer Richtung Schaufeln 14 abstehen. Jede der Schaufeln 14 hat eine konvexe Saugseite 16 und der Saugseite 16 gegenüberliegend eine konkave Druckseite 18. Die beiden benachbarten Schaufeln 14 bilden eine Passage 20, die beim Betrieb der Turbomaschine von einem Fluid in Hauptströmungsrichtung 23 durchströmt wird. Die Hauptströmungsrichtung 23 ist durch den Pfeil mit dem Bezugszeichen 22 in Figur 1 dargestellt und verläuft von der Vorderkante 24 einer Leitschaufel 14 zu deren Hinterkante 26.

Im Bereich der Nabenseitenwand bildet sich beim Durchströmen des Fluids durch die Passage 20 eine Fluid-Grenzschicht entlang der Nabenseitenwand 12. Durch den Druckgradienten zwischen Saugseite 16 und Druckseite 18 der beiden Schaufeln 14 entsteht ein Sekundärwirbel 28, der in Figur 1 gegen den Uhrzeigersinn rotiert.

Um dem Sekundärwirbel 28 entgegenzuwirken, sind für jede Passage 20 in der Nabenseitenwand 12 Wirbelkanäle 30 als konkave Vertiefungen ausgebildet. Jeder Wirbelkanal ist nicht rotationssymmetrisch in Bezug auf die Nabenachse und weist an seinem der Schaufel-Vorderkante 24 vorgelagerten Ende eine Abrisskante 32 auf. Hinter der Abrisskante 32 nimmt die Tiefe des Wirbelkanals

- 7 -

30 bis zu dessen tiefstem Punkt zu. Der tiefste Punkt des Wirbelkanals 30 befindet sich vorzugsweise vor der Schaufel-Vorderkante 24.

Jeder Wirbelkanal 30 hat in der in Figur 2 gezeigten Draufsicht eine bis auf die Abrisskante 32 in etwa nierenförmig geschwungene Form. Die Krümmung des Wirbelkanals 30 in Draufsicht verläuft entsprechend der Krümmung der Schaufel 14. Entlang der Hauptströmungsrichtung 23 weist der Wirbelkanal 30 eine langgestreckte gekrümmte Form kontinuierlich variierender Tiefe auf und bildet eine Kehle mit einer im Bereich der Passagen-Mitte verlaufenden Flanke 34.

Die Flanke 34 verläuft entlang der der Druckseite der benachbarten Schaufel 14 zugewandten Seite des Wirbelkanals. Die Steigung der Flanke 34 ist größer als die Steigung auf der gegenüberliegenden, der benachbarten Saugseite 16 zugewandten Seite des Wirbelkanals 30. Die Steigung der Flanke 34 nimmt in Hauptströmungsrichtung 23 kontinuierlich ab und läuft zum Ende der Passage im Bereich der Leitschaufel-Hinterkante 26 aus.

Somit nimmt die Tiefe des Wirbelkanals 30 in Hauptströmungsrichtung zunächst im Bereich der Abrisskante rapide zu, erreicht ihren größten Wert vor der Schaufel-Vorderkante 24 und läuft kontinuierlich bis zur Schaufel-Hinterkante 26 aus. In Richtung von der Druckseite 18 auf die Saugseite 16 senkrecht zu der Hauptströmungsrichtung nimmt die Tiefe des Wirbelkanals 30 im Bereich der Flanke 34 zunächst rapide zu bis zum tiefsten Punkt im Bereich der Mitte des Wirbelkanals 30 und nimmt anschließend kontinuierlich in Richtung auf die Saugseite 16 ab. Zwischen Saugseite 16 und der der Saugseite 16 zugewandten Seite des Wirbelkanals 30 verbleibt im hinteren Bereich der Schaufel 14 ein Abstand.

Beim Strömen des Fluids in Hauptströmungsrichtung 23 fällt der Fluidstrom über die Abrisskante 32 in die Kehle des Wirbelkanals 30 hinab und bildet entlang der Abrisskante 32 und entlang der Flanke 34 einen Hilfswirbel 36, der, wie in Figur 1

- 8 -

gezeigt, im Uhrzeigersinn entgegen der Rotationsrichtung des Sekundärwirbels 28 (Kanalwirbel) rotiert. Durch den Fluidstrom in Hauptströmungsrichtung 23 wird der Hilfswirbel 36 entlang der Flanke 34 transportiert und bildet im Bereich der Mitte der Passage 20, d.h. im Bereich mittig zwischen zwei benachbarten Schaufeln 14, zusammen mit dem Sekundärwirbel 28 eine Ablöselinie 22, entlang der der Hilfswirbel 36 auf den Sekundärwirbel 28 trifft. Beim Aufeinandertreffen von Hilfswirbel 36 und Sekundärwirbel 28 wirken diese einander entgegen, so dass durch den Hilfswirbel 36 ein aerodynamischer Separator gebildet wird, der verhindert, dass durch den Sekundärwirbel 28 ein Massenstrom in Richtung auf die Saugseite 16 erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung von Sekundärströmungen in einer Passage (20) zwischen zwei benachbarten Lauf- oder Leitschaufeln (14) einer Turbomaschine, wobei die Schaufeln (14) jeweils von einer Seitenwand (12) einer Nabe der Turbomaschine nach außen abstehen oder von einer Seitenwand eines umgebenden Gehäuses nach innen abstehen, und wobei die Passage (20) in einer Hauptströmungsrichtung (23) von einem Fluid durchströmt wird, mit dem Schritt:
 - Erzeugen eines stabilen Fluid-Hilfswirbels (36), der in der Passage (20) senkrecht zur Hauptströmungsrichtung (23) und entgegengesetzt zu einem Sekundärwirbel (28) rotiert, unter Verwendung eines in der Gehäuse- und/oder in der Nabenseitenwand (12) ausgebildeten Wirbelkanals (30), der in Bezug auf die Maschinen- oder Drehachse nicht rotationssymmetrisch ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) durch eine Abrisskante (32) am stromaufwärts gelegenen Ende des Wirbelkanals (30) und/oder durch eine Flanke (34) auf der der benachbarten Druckseite (18) einer Schaufel (14) zugewandten Seite des Wirbelkanals (30) erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) in Hauptströmungsrichtung (23) vor der Passage (20) erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und die Rotationsgeschwindigkeit des

- 10 -

Hilfswirbels (36) der Intensität und der Rotationsgeschwindigkeit des Sekundärwirbels (28) entsprechen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) in Hauptströmungsrichtung (23) durch die Passage (20) transportiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) durch den Wirbelkanal (30) in dem Bereich zwischen der Passagen-Mitte und der der Passagen-Mitte zugewandten Saugseite (16) einer der beiden Schaufeln (14) geführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) derart durch die Passage (20) geführt wird, dass der Hilfswirbel (36) nicht mit der saugseitigen und/oder der druckseitigen Leitschaufelgrenzschicht der Hauptströmung interagiert.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfswirbel (36) im Bereich des Austretens der Hauptströmung aus der Passage (20) aufgelöst wird.
9. Vorrichtung zum Reduzieren von Sekundärströmungen in einer Passage (20) zwischen zwei benachbarten Schaufeln (14) einer Turbomaschine, wobei die Schaufeln (14) jeweils von einer Seitenwand (12) einer Nabe der Turbomaschine abstehen, und wobei die Passage (20) in einer Hauptströmungsrichtung (23) von einem Fluid durchströmt wird, mit einem in der Nabenseitenwand (12) ausgebildeten und in Hauptströmungsrichtung (23) verlaufenden Wirbelkanal (30), der in Bezug auf die Nabenachse nicht rotationssymmetrisch ist, zum Erzeugen eines stabilen Fluid-Hilfswirbels (36), der senkrecht zur Hauptströmungsrichtung (23) und entgegengesetzt zu einem Sekundärwirbel (28) rotiert.

- 11 -

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelkanal (30) durch eine konkave Vertiefung in der Nabenseitenwand (12) in Form einer Kehle gebildet wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelkanal (30) am in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung (23) stromaufwärts gelegenen Ende mit der Nabenseitenwand (12) eine Abrisskante (32) bildet.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abrisskante (32) mit der Nabenseitenwand (12) einen Winkel zwischen 30° und 60° und vorzugsweise einen Winkel von etwa 45° bildet.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Abrisskante (32) in Hauptströmungsrichtung (23) vor der Leitschaufel-Vorderkante (24) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 – 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelkanal (30) auf der der benachbarten Druckseite (18) einer Schaufel (14) zugewandten Seite eine Flanke (34) aufweist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanke (34) mit der Schaufel (14) einen Winkel von etwa $30-60^\circ$ und vorzugsweise einen Winkel von etwa $50-60^\circ$ bildet.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanke (34) in Hauptströmungsrichtung (23) eine Krümmung aufweist, die der Krümmung der Schaufel (14) entspricht.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 – 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelkanal (30) im Bereich zwischen der Passagen-Mitte und der

- 12 -

zur Passagen-Mitte weisenden Saugseite (16) einer Schaufel (14) angeordnet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 – 17, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Wirbelkanal (30) und mindestens einer der beiden benachbarten Schaufeln (14) ein solcher Abstand vorgesehen ist, dass der Hilfswirbel (36) nicht mit der saugseitigen und/oder druckseitigen Leitschaufelgrenzschicht der Hauptströmung interagiert.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 – 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefe des Wirbelkanals (30) in Hauptströmungsrichtung (23) abnimmt.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 – 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelkanal (30) im Bereich zwischen den Hinterkanten (26) der Schaufeln (14) endet.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 20, dadurch gekennzeichnet, dass sich der tiefste Punkt des Wirbelkanals (30) vor der Schaufel-Vorderkante (24) befindet.

