

(19)



(11)

EP 2 696 042 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2014 Patentblatt 2014/07

(51) Int Cl.:
F01D 17/16 (2006.01) **F01D 5/14** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12179779.9**

(22) Anmeldetag: **09.08.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **Dr. Wunderer, Roland**
85716 Unterschleißheim (DE)

(54) Strömungsmaschine mit mindestens einem Leitschaufelkranz

(57) Strömungsmaschine, insbesondere Axialverdichter, mit mindestens einem Leitschaufelkranz, der mindestens eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln umfasst, wobei jede Leitschaufel in einer Seitenansicht der Leitschaufel in Bezug auf ihr Schaufelblatt in Richtung ihrer Längsachse eine Verjüngung aufweist. Um die Stabilität der Strömung in der Strömungsmaschine zu

erhöhen, umfasst jede Reihe von Leitschaufeln erste Leitschaufeln und zweite Leitschaufeln, wobei in einer gemeinsamen Seitenansicht einer ersten Leitschaufel und einer zweiten Leitschaufel jede erste Leitschaufel in einer Längsrichtung entlang ihres Schaufelblattes eine Verjüngung aufweist und jede zweite Leitschaufel in einer entgegengesetzten Richtung eine Verjüngung aufweist.

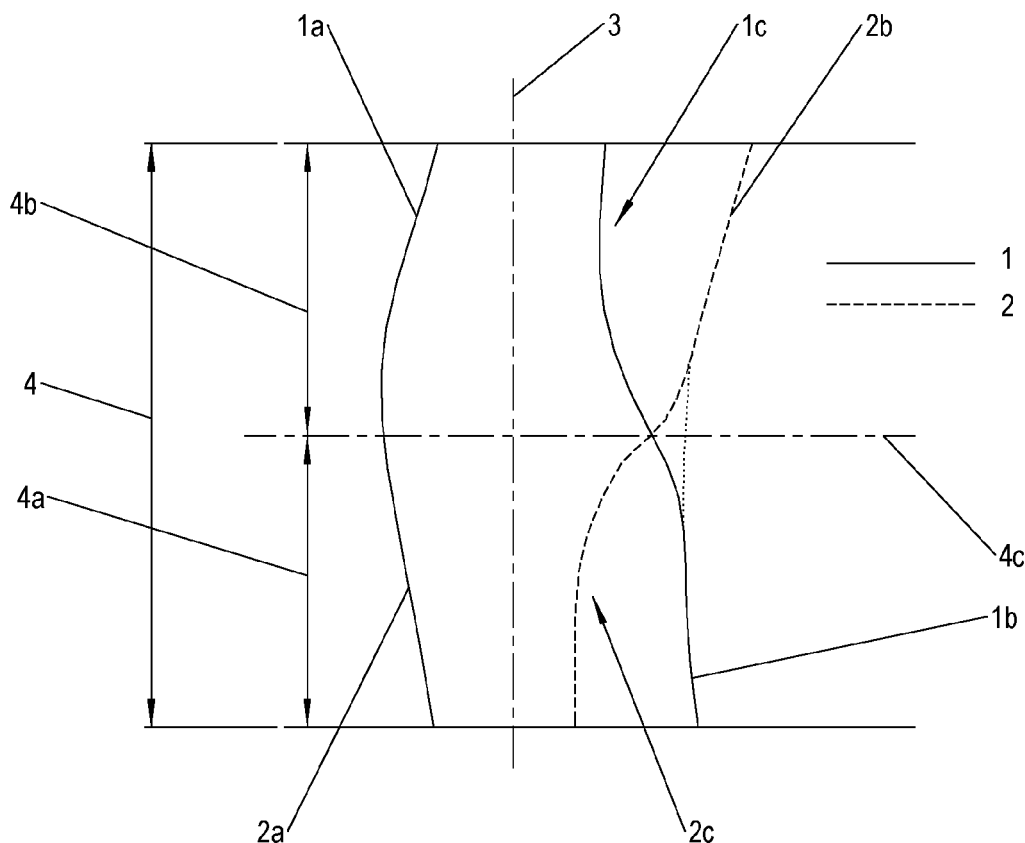


Fig. 1

EP 2 696 042 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, insbesondere einen Axialverdichter, mit mindestens einem Leitschaufelkranz und ein Verfahren zum Erhöhen der Stabilität der Strömung in einer Strömungsmaschine.

[0002] In Strömungsmaschinen sind oft verstellbare Leitschaufeln vorhanden, insbesondere an den vorderen Stufen von Verdichtern. Abhängig vom Betriebszustand der Strömungsmaschine werden damit die Zuströmwinkel zu den nachfolgenden Laufschaufeln eingestellt und die Energieumsetzung der aus den Leitschaufeln und den Laufschaufeln gebildeten Stufe gesteuert. Wenn die Leitschaufeln verstellt werden, ändert sich der Strömungswinkel über die gesamte Kanalhöhe. Bei einer Änderung des Betriebszustands ändert sich jedoch die Verteilung des lokalen Massenstroms entlang der Kanalhöhe. Dadurch kann die Stabilität der Strömung in der Strömungsmaschine verringert werden und der Wirkungsgrad abnehmen.

[0003] Zur Erhöhung der Stabilität der Strömung in einer Strömungsmaschine sind verschiedene Maßnahmen bekannt. Zum Beispiel offenbart die EP 0 745 755 A1 eine speziell geformte Leitschaufel für einen Verdichter einer Gasturbine. Die Leitschaufel weist eine zum Schaufelfuß hin abgewinkelte Hinterkante auf. Durch die Verwendung derartiger Leitschaufeln wird die Stabilität der Strömung verbessert und damit die Verdichterpumpgrenze erhöht. Nachteilig ist hierbei, dass die Geometrie der Leitschaufeln an einen bestimmten Betriebszustand angepasst ist bei einer Abweichung vom Betriebszustand keine verbesserte Strömung mehr gewährleistet ist.

[0004] Die DE 10 2009 023 100 A1 beschreibt eine Schaufeleinrichtung mit in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Schaufeln, wobei die Hinterkanten der stromauf liegenden Schaufeln anders geformt sind als die Vorderkanten der stromab liegenden Schaufel, so dass sich ein ungleichmäßiger Abstand entlang den Schaufelkanten ergibt. Auch durch diese Anordnung soll die Strömung in der Strömungsmaschine stabilisiert werden. Die Anordnung weist ebenfalls den Nachteil auf, dass die Geometrie der Schaufeln an einen bestimmten Betriebszustand angepasst ist.

[0005] Die WO 2007/042522 A1 beschreibt eine Schaufel für eine Turbomaschine, bei der die Sehnenlänge entlang der Schaufellänge ungleichmäßig ist. Diese Schaufel minimiert Verluste eines Schaufelgitters und ist ebenfalls für einen bestimmten Betriebsbereich konstruiert.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Strömungsmaschine zu schaffen, bei der die Stabilität der Strömung verbessert und der Betriebsbereich erweitert ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Strömungsmaschine nach Anspruch 1 gelöst. Weiterhin wird die Aufgabe mit einem Verfahren zum Erhöhen der Stabilität der Strömung in einer Strömungsmaschine

nach Anspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0008] Erfindungsgemäß besteht die Lösung der Aufgabe in einer Strömungsmaschine, insbesondere einem Axialverdichter, mit mindestens einem Leitschaufelkranz, der mindestens eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln umfasst, wobei jede Leitschaufel in einer Seitenansicht der Leitschaufel in Bezug auf ihr Schaufelblatt in Richtung ihrer Längsachse eine Verjüngung aufweist. Jede Reihe von Leitschaufeln umfasst erste Leitschaufeln und zweite Leitschaufeln, wobei in einer gemeinsamen Seitenansicht einer ersten Leitschaufel und einer zweiten Leitschaufel jede erste Leitschaufel in einer Längsrichtung entlang ihres Schaufelblattes eine Verjüngung aufweist und jede zweite Leitschaufel in einer entgegengesetzten Richtung eine Verjüngung aufweist.

[0009] Die gemeinsame Seitenansicht entsteht durch eine Aneinanderreihung einer losen ersten Leitschaufel und einer losen zweiten Leitschaufel. Die gemeinsame Seitenansicht ist nicht die Ansicht einer ersten Leitschaufel und einer zweiten Leitschaufel in ihrer Einbauposition.

[0010] Die Verjüngung jeder Leitschaufel betrifft jeweils das zugehörige Schaufelblatt. Die gegenläufige Verjüngung der Leitschaufeln bewirkt, dass die Strömung in den unverjüngten Bereichen stärker abgelenkt wird als in den verjüngten Bereichen. Dadurch wird die Strömung stabilisiert. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Axialverdichter.

[0011] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung bilden mindestens eine erste Leitschaufel und mindestens eine zweite Leitschaufel, vorzugsweise insgesamt zwei oder drei Leitschaufeln, eine Einheit, und es ist eine Vielzahl dieser Einheiten in Umfangsrichtung des Leitschaufelkranzes gleichmäßig verteilt, wobei die Abstände zwischen benachbarten Leitschaufeln unterschiedlich oder gleich groß sind.

[0012] Durch verschiedene Arten von Gruppierungen der ersten und zweiten Leitschaufeln können verschiedene, gleichmäßig verteilte oder regelmäßig gebündelte Strömungsführungen erzielt werden.

[0013] In einer weiteren möglichen Ausgestaltung sind die zweiten Leitschaufeln gegenüber den ersten Leitschaufeln derselben Reihe in axialer Richtung der Strömungsmaschine in der gleichen Position oder versetzt zu einander angeordnet. Bei gleicher Position ergibt sich eine kompakte Bauweise. Durch eine versetzte Anordnung kann die Strömungsführung in axialer Richtung der Strömungsmaschine verlängert werden.

[0014] Außerdem können die ersten Leitschaufeln und die zwei Leitschaufeln in der gemeinsamen Seitenansicht einen Überdeckungsbereich aufweisen, wobei der Überdeckungsbereich in axialer Richtung der Strömungsmaschine einen geraden, schrägen oder gekrümmten Verlauf aufweist. Der Überdeckungsbereich ermöglicht in radialer Richtung der Strömungsmaschine einen fließenden Übergang zwischen der inneren und äußeren Strömungsführung in den Kanälen zwischen zwei benachbarten Leitschaufeln.

[0015] Zusätzlich kann der Überdeckungsbereich in einem Bereich von 30% bis 70% einer durch eine Länge des Schaufelblatts jeder ersten Leitschaukel und jeder zweiten Leitschaukel definierten Kanalhöhe liegen. Mit diesem Bereich werden die besten Ergebnisse erzielt.

[0016] In einer ersten Ausführungsform sind die Verjüngung jeder ersten Leitschaukel an der Hinterkante der jeweiligen ersten Leitschaukel und die Verjüngung jeder zweiten Leitschaukel an der Hinterkante der jeweiligen zweiten Leitschaukel ausgebildet.

[0017] In einer zweiten Ausführungsform sind die Verjüngung jeder ersten Leitschaukel an der Vorderkante der jeweiligen ersten Leitschaukel und die Verjüngung jeder zweiten Leitschaukel an der Vorderkante der jeweiligen zweiten Leitschaukel ausgebildet.

[0018] In einer dritten Ausführungsform sind die Verjüngung jeder ersten Leitschaukel an der Hinterkante der jeweiligen ersten Leitschaukel und die Verjüngung jeder zweiten Leitschaukel an der Vorderkante der jeweiligen zweiten Leitschaukel ausgebildet.

[0019] In einer vierten Ausführungsform sind die Verjüngung jeder ersten Leitschaukel an der Hinterkante und an der Vorderkante der jeweiligen ersten Leitschaukel und die Verjüngung jeder zweiten Leitschaukel ebenfalls an der Hinterkante und an der Vorderkante der jeweiligen zweiten Leitschaukel ausgebildet.

[0020] Durch die vier verschiedenen Ausführungsformen können jeweils unterschiedliche Kanallängen und Kanalverläufe zwischen zwei benachbarten Leitschaukeln erzielt werden.

[0021] Insbesondere kann die Verjüngung jeweils durch eine einfache oder doppelte Krümmung ausgebildet sein oder die Verjüngung kann jeweils durch eine Abstufung mit mindestens zwei Stufenübergängen ausgebildet sein, wobei jeder Stufenübergang kantig oder abgerundet ist. Eine Krümmung ermöglicht eine fließende Umlenkung der Strömung, während eine Abstufung einfacher herstellbar ist.

[0022] Speziell kann die Verjüngung jeder ersten Leitschaukel 30% bis 70% der maximalen Breite jeder zweiten Leitschaukel betragen oder die Verjüngung jeder zweiten Leitschaukel kann 30% bis 70% der maximalen Breite jeder ersten Leitschaukel betragen. Mit diesem Bereich werden die besten Ergebnisse erzielt.

[0023] Außerdem können die ersten Leitschaukeln und die zweiten Leitschaukeln jeweils in der gleichen Position entlang der Längsachse unterschiedliche Krümmungen der Schaufelskelettlinien und/oder der unterschiedliche Profilgebungen aufweisen. Dies ermöglicht eine weitere, detailliertere Anpassung der Kanäle an die lokale Strömung.

[0024] Insbesondere können die ersten Leitschaukeln und die zweiten Leitschaukeln in radialer Richtung der Strömungsmaschine in einem äußeren Bereich und einem inneren Bereich jeweils unterschiedliche Krümmungen der Skelettlinien und/oder unterschiedliche Profilgebungen aufweisen.

[0025] Dadurch ist eine noch speziellere Anpassung

an die lokale Strömung in den Kanälen möglich. Der Überdeckungsbereich gewährleistet einen fließenden Übergang zwischen den in radialer Richtung der Strömungsmaschine außen und innen liegenden Bereichen.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung sind die ersten Leitschaukeln und die zweiten Leitschaukeln jeweils um ihre Längsachse drehbar, wobei die ersten Leitschaukeln und die zweiten Leitschaukeln gekoppelt oder unabhängig von einander drehbar sind. Hierdurch kann das Leitschaukelgitter an den Betriebszustand angepasst werden. Die getrennte Verstellung der ersten und zweiten Leitschaukeln ermöglicht eine noch speziellere Anpassung der Kanäle.

[0027] Weiterhin besteht die Lösung der Aufgabe in einem Verfahren zum Erhöhen der Stabilität der Strömung in einer Strömungsmaschine. In radialer Richtung der Strömungsmaschine lenkt jede Leitschaukel mit innen liegender Verjüngung die Strömung außen um, und jede Leitschaukel mit außen liegender Verjüngung lenkt die Strömung innen um. Die erhöhte Stabilität der Strömung verhindert ein Verdichterpumpen und ermöglicht einen größeren Betriebsbereich der Strömungsmaschine.

[0028] Im Folgenden werden mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von 12 Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaukel und einer zweiten Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaukel und einer zweiten Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 eine gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaukel und einer zweiten Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 eine gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaukel und einer zweiten Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine gemäß einer Variante zum dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaukel und einer zweiten Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

Fig. 6 a bis c drei schematisch dargestellte Varianten einer Vorderkante oder einer Hinterkante einer Leitschaukel einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine,

- Fig. 7 eine Einheit aus ersten und zweiten Leitschaufeln einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in einem ersten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 8 eine Einheit aus ersten und zweiten Leitschaufeln einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 9 eine Einheit aus ersten und zweiten Leitschaufeln einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in einem dritten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 10 eine Einheit aus ersten und zweiten Leitschaufeln einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in einem vierten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 11 eine Einheit aus ersten und zweiten Leitschaufeln einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in einem fünften Ausführungsbeispiel,
- Fig. 12 erste und zweite Leitschaufeln gemäß den Fig. 1, 6c und 7 in einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine,
- Fig. 13 erste und zweite Leitschaufeln gemäß den Fig. 4, 6c und 7 in einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine und
- Fig. 14 erste und zweite Leitschaufeln gemäß den Fig. 4, 6c und 8 in einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine.

[0029] Die Fig. 1 bis 5 zeigen jeweils eine schematische gemeinsame Seitenansicht einer ersten Leitschaufel 1 und einer zweiten Leitschaufel 2 eines nicht dargestellten Leitschaufelkranzes einer ebenfalls nicht dargestellten Strömungsmaschine. In den Fig. 1 bis 5 sind die Schaufelfüße und die Schaufelköpfe der ersten Leitschaufeln 1 und der zweiten Leitschaufeln 2 nicht dargestellt, so dass sich die Darstellung auf die Schaufelblätter bezieht.

[0030] Die erste Leitschaufel 1 ist jeweils mit einer durchgezogenen Linie dargestellt. Jede erste Leitschaufel 1 weist eine Vorderkante 1a, eine Hinterkante 1b und eine Verjüngung 1c auf.

[0031] Die zweite Leitschaufel 2 ist jeweils mit einer gestrichelten Linie dargestellt. Jede zweite Leitschaufel 2 weist eine Vorderkante 2a, eine Hinterkante 2b und eine Verjüngung 2c auf.

[0032] In den gemeinsamen Seitenansichten weisen die ersten Leitschaufeln 1 und die zweiten Leitschaufeln 2 eine gemeinsame Längsachse 3 auf, die gleichzeitig eine Drehachse ist. Die Längsachsen bzw. Drehachsen

der ersten Leitschaufeln 1 und der zweiten Leitschaufeln 2 können auch an in axialer Richtung der Strömungsmaschine unterschiedlichen Positionen liegen.

[0033] Die in Bezug auf die Schaufelblätter dargestellten ersten Leitschaufeln 1 und zweiten Leitschaufeln 2 definieren eine Kanalhöhe 4 mit einem inneren Bereich 4a und einem äußeren Bereich 4b in radialer Richtung der nicht dargestellten Strömungsmaschine. Zwischen dem inneren Bereich 4a und dem äußeren Bereich 4b befindet sich ein Überdeckungsbereich 4c.

[0034] In Fig. 1 befindet sich die Verjüngung 1c der ersten Leitschaufel 1 an der Hinterkante 1b im äußeren Bereich 4b. Die Verjüngung 2c der zweiten Leitschaufel 2 befindet sich an der Hinterkante 2b im inneren Bereich 4a. Der Überdeckungsbereich 4c weist einen geraden Verlauf auf.

[0035] In Fig. 2 befindet sich die Verjüngung 1c der ersten Leitschaufel 1 an der Vorderkante 1a im inneren Bereich 4a. Die Verjüngung 2c der zweiten Leitschaufel 2 befindet sich an der Vorderkante 2a im äußeren Bereich 4b. Der Überdeckungsbereich 4c weist einen geraden Verlauf auf.

[0036] In Fig. 3 befindet sich die Verjüngung 1c der ersten Leitschaufel 1 an der Hinterkante 1b im inneren Bereich 4a. Die Verjüngung 2c der zweiten Leitschaufel 2 befindet sich an der Vorderkante 2a im äußeren Bereich 4b. Der Überdeckungsbereich 4c weist einen geraden Verlauf auf.

[0037] In Fig. 4 befindet sich die Verjüngung 1c der ersten Leitschaufel 1 an der Hinterkante 1b im äußeren Bereich 4b. Die Verjüngung 2c der zweiten Leitschaufel 2 befindet sich an der Vorderkante 2a im inneren Bereich 4a. Der Überdeckungsbereich 4c weist einen geraden Verlauf auf.

[0038] In Fig. 5 befindet sich die Verjüngung 1c der ersten Leitschaufel 1 an der Vorderkante 1a und an der Hinterkante 1b im inneren Bereich 4a. Die Verjüngung 2c der zweiten Leitschaufel 2 befindet sich an der Vorderkante 2a und an der Hinterkante 2b im äußeren Bereich 4b. Der Überdeckungsbereich 4c weist einen gekrümmten Verlauf auf.

[0039] Wenn sich die Verjüngung 1c jeder ersten Leitschaufel 1 also im inneren Bereich 4a befindet, befindet sich die Verjüngung 2c jeder zweiten Leitschaufel 2 immer im äußeren Bereich 4b und umgekehrt.

[0040] Im Betrieb wird die Strömung an der Verjüngung 1c jeder ersten Leitschaufel 1 und an der Verjüngung 2c jeder zweiten Leitschaufel 2 lokal weniger stark umgelenkt als dort, wo sich an jeder ersten Leitschaufel 1 keine Verjüngung 1c und an jeder zweiten Leitschaufel 2 keine Verjüngung 2c befinden.

[0041] In den Fig. 6a bis c sind drei verschiedene Beispiele einer Vorderkante 1a, 2a oder einer Hinterkante 1b, 2b einer ersten Leitschaufel 1 bzw. einer zweiten Leitschaufel 2 im Überdeckungsbereich 4c dargestellt.

[0042] In Fig. 6a weist die Vorderkante 1a, 2a bzw. die Hinterkante 1b, 2b zwei Stufenübergänge 5 auf. Die Stufenübergänge 5 sind rechtwinklig ausgebildet.

[0043] In Fig. 6b weist die Vorderkante 1a, 2a bzw. die Hinterkante 1b, 2b zwei Stufenübergänge 5 auf. Zwischen den Stufenübergängen 5 befindet sich eine Schräge 6.

[0044] In Fig. 6c weist die Vorderkante 1a, 2a bzw. die Hinterkante 1b, 2b eine doppelte Krümmung 7 auf.

[0045] In den Fig. 7 bis 9 sind drei verschiedene schematische Anordnungen aus ersten Leitschaufeln 1 und zweiten Leitschaufeln 2 in einer Reihe eines hier nicht dargestellten Leitschaufelkranzes dargestellt. Die Anordnung ist jeweils aus Einheiten 8 gebildet, in denen eine bestimmte Kombination von ersten Leitschaufeln 1 und zweiten Leitschaufeln 2 festgelegt ist. Die Einheiten 8 sind entlang des gesamten inneren Umfangs der nicht dargestellten Strömungsmaschine gleichmäßig angeordnet.

[0046] In Fig. 7 umfasst die Einheit 8 abwechselnd angeordnete erste Leitschaufeln 1 und zweite Leitschaufeln 2, die in axialer Richtung der nicht dargestellten Strömungsmaschine die gleiche Position einnehmen.

[0047] In Fig. 8 umfasst die Einheit 8 abwechselnd angeordnete erste Leitschaufeln 1 und zweite Leitschaufeln 2, die in axialer Richtung der nicht dargestellten Strömungsmaschine versetzt angeordnet sind.

[0048] In Fig. 9 umfasst die Einheit 8 zwei benachbarte Leitschaufeln 1 und eine zweite Leitschaufel 2, die in axialer Richtung der nicht dargestellten Strömungsmaschine versetzt angeordnet sind. Ebenso sind weitere Kombination von ersten Leitschaufeln 1 mit zweiten Leitschaufeln 2 im Verhältnis von beispielsweise 3:1 oder 1:1 möglich. Ein Verhältnis von 2:1 wird jedoch bevorzugt.

[0049] Wie in Fig. 10 skizziert, sind ist auch eine Einheit 8 mit einer "gespiegelten" Kombination möglich. So ist zum Beispiel in Figur 10 eine Kombination einer ersten Leitschaufel 1 mit zwei zweiten Leitschaufeln 2 gezeigt. Ebenso sind Kombination von ersten Leitschaufeln 1 mit zweiten Leitschaufeln 2 im Verhältnis von beispielsweise 1:3 möglich.

[0050] In Figur 11 ist eine weitere Einheit 8 gezeigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel besteht keine axiale Überdeckung zwischen den ersten Laufschaufeln 1 und den zweiten Laufschaufeln 2.

[0051] Die Fig. 12 bis 14 ist jeweils eine perspektivische Ansicht eines nach außen offenen Leitschaufelkranzes 9 der nicht dargestellten Strömungsmaschine mit ersten Leitschaufeln 1 und zweiten Leitschaufeln 2 dargestellt.

[0052] In Fig. 12 entsprechen die ersten Leitschaufeln 1 und die zweiten Leitschaufeln 2 den Fig. 1, 6c und 7.

[0053] In Fig. 13 entsprechen die ersten Leitschaufeln 1 und die zweiten Leitschaufeln 2 den Fig. 4, 6c und 7.

[0054] In Fig. 14 entsprechen die ersten Leitschaufeln 1 und die zweiten Leitschaufeln 2 den Fig. 4, 6c und 8.

[0055] Strömungsmaschine, insbesondere Axialverdichter, mit mindestens einem Leitschaufelkranz, der mindestens eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln umfasst, wobei jede Leitschaufel in einer Seitenansicht der Leitschaufel in Bezug auf ihr Schaufelblatt in Rich-

tung ihrer Längsachse eine Verjüngung aufweist. Um die Stabilität der Strömung in der Strömungsmaschine zu erhöhen, umfasst jede Reihe von Leitschaufeln erste Leitschaufeln und zweite Leitschaufeln, wobei in einer gemeinsamen Seitenansicht einer ersten Leitschaufel und einer zweiten Leitschaufel jede erste Leitschaufel in einer Längsrichtung entlang ihres Schaufelblattes eine Verjüngung aufweist und jede zweite Leitschaufel in einer entgegengesetzten Richtung eine Verjüngung aufweist.

Bezugszeichenliste

[0056]

- | | |
|----|-------------------------|
| 1 | Erste Leitschaufel |
| 1a | Vorderkante (erste LS) |
| 1b | Hinterkante (erste LS) |
| 1c | Verjüngung (erste LS) |
| 2 | Zweite Leitschaufel |
| 2a | Vorderkante (zweite LS) |
| 2b | Hinterkante (zweite LS) |
| 2c | Verjüngung (zweite LS) |
| 3 | Längsachse |
| 4 | Kanalhöhe |
| 4a | Innerer Bereich |
| 4b | Äußerer Bereich |
| 4c | Überdeckungsbereich |
| 5 | Stufenübergang |
| 6 | Schräge |
| 7 | Krümmung |
| 8 | Einheit |
| 9 | Leitschaufelkranz |

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine, insbesondere Axialverdichter, mit mindestens einem Leitschaufelkranz (9), der mindestens eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln (1, 2) umfasst, wobei jede Leitschaufel (1, 2) in einer Seitenansicht der Leitschaufel (1, 2) in Bezug auf ihr Schaufelblatt in Richtung ihrer Längsachse (3) eine Verjüngung (1c, 2c) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Reihe von Leitschaufeln erste Leitschaufeln (1) und zweite Leitschaufeln (2) umfasst, wobei in einer gemeinsamen Seitenansicht einer ersten Leitschaufel (1) und einer zweiten Leitschaufel (2) jede erste Leitschaufel (1) in einer Längsrichtung entlang ihres Schaufelblattes eine Verjüngung (1c) aufweist und jede zweite Leitschaufel (2) in einer entgegengesetzten Richtung eine Verjüngung (2c) aufweist.
2. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine erste Leitschaufel (1) und mindestens eine zweite Leitschaufel (2), vorzugsweise insgesamt zwei oder drei Leit-

- schaufeln (1,2), eine Einheit (8) bilden und eine Vielzahl dieser Einheiten (8) in Umfangsrichtung des Leitschaufelkranzes gleichmäßig verteilt ist, wobei die Abstände zwischen benachbarten Leitschaufeln (1,2) unterschiedlich oder gleich groß sind.
3. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Leitschaufeln (2) gegenüber den ersten Leitschaufeln (1) derselben Reihe in axialer Richtung der Strömungsmaschine in der gleichen Position oder versetzt zu einander angeordnet sind.
 4. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leitschaufeln (1) und die zweiten Leitschaufeln (2) in der gemeinsamen Seitenansicht einen Überdeckungsbereich (4c) aufweisen, wobei der Überdeckungsbereich (4c) in axialer Richtung der Strömungsmaschine einen geraden, schrägen oder gekrümmten Verlauf aufweist.
 5. Strömungsmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überdeckungsbereich (4c) in einem Bereich von 30% bis 70% einer durch eine Länge des Schaufelblatts jeder ersten Leitschaufel (1) und jeder zweiten Leitschaufel (2) definierten Kanalhöhe (4) liegt.
 6. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c) jeder ersten Leitschaufel (1) an der Hinterkante (1b) der jeweiligen ersten Leitschaufel (1) und die Verjüngung (2c) jeder zweiten Leitschaufel (2) an der Hinterkante (2b) der jeweiligen zweiten Leitschaufel (2) ausgebildet sind.
 7. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c) jeder ersten Leitschaufel (1) an der Vorderkante (1a) der jeweiligen ersten Leitschaufel (1) und die Verjüngung (2c) jeder zweiten Leitschaufel (2) an der Vorderkante (2a) der jeweiligen zweiten Leitschaufel (2) ausgebildet sind.
 8. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c) jeder ersten Leitschaufel (1) an der Hinterkante (1b) der jeweiligen ersten Leitschaufel (1) und die Verjüngung (2c) jeder zweiten Leitschaufel (2) an der Vorderkante (2a) der jeweiligen zweiten Leitschaufel (2) ausgebildet sind.
 9. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c) jeder ersten Leitschaufel (1) an der Hinterkante (1b) und an der Vorderkante (1a) der jeweiligen ersten Leitschaufel (1) und die Verjüngung (2c) jeder zweiten Leitschaufel (2) ebenfalls an der Hinterkante (2b) und an der Vorderkante (2a) der jeweiligen zweiten Leitschaufel (2) ausgebildet sind.
 10. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c, 2c) jeweils durch eine einfache oder doppelte Krümmung (7) ausgebildet ist, oder dass die Verjüngung (1c, 2c) jeweils durch eine Abstufung mit mindestens zwei Stufenübergängen (5) ausgebildet ist, wobei jeder Stufenübergang (5) kantig oder abgerundet ist.
 11. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung (1c, 2c) jeder ersten Leitschaufel (1) 30% bis 70% der maximalen Breite jeder zweiten Leitschaufel (2) beträgt, oder dass die Verjüngung jeder zweiten Leitschaufel (2) 30% bis 70% der maximalen Breite jeder ersten Leitschaufel (1) beträgt.
 12. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leitschaufeln (1) und die zweiten Leitschaufeln (2) jeweils in der gleichen Position entlang der Längsachse (3) unterschiedliche Krümmungen der Schaufelskelettlinien und/oder der unterschiedlichen Profilgebungen aufweisen.
 13. Strömungsmaschine nach Anspruch 12, dass die ersten Leitschaufeln (1) und die zweiten Leitschaufeln (2) in radialer Richtung der Strömungsmaschine in einem äußeren Bereich (4b) und einem inneren Bereich (4a) jeweils unterschiedliche Krümmungen der Skelettlinien und/oder unterschiedlichen Profilgebungen aufweisen.
 14. Strömungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leitschaufeln (1) und die zweiten Leitschaufeln (2) jeweils um ihre Längsachse (3) drehbar sind, wobei die ersten Leitschaufeln (1) und die zweiten Leitschaufeln (2) gekoppelt oder unabhängig von einander drehbar sind.
 15. Verfahren zum Erhöhen der Stabilität der Strömung in einer Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in radialer Richtung der Strömungsmaschine jede Leitschaufel (1,2) mit innen liegender Verjüngung (1c, 2c) die Strömung außen umlenkt und jede Leitschaufel (1,2) mit außen liegender Verjüngung (1c, 2c) die Strömung innen umlenkt.

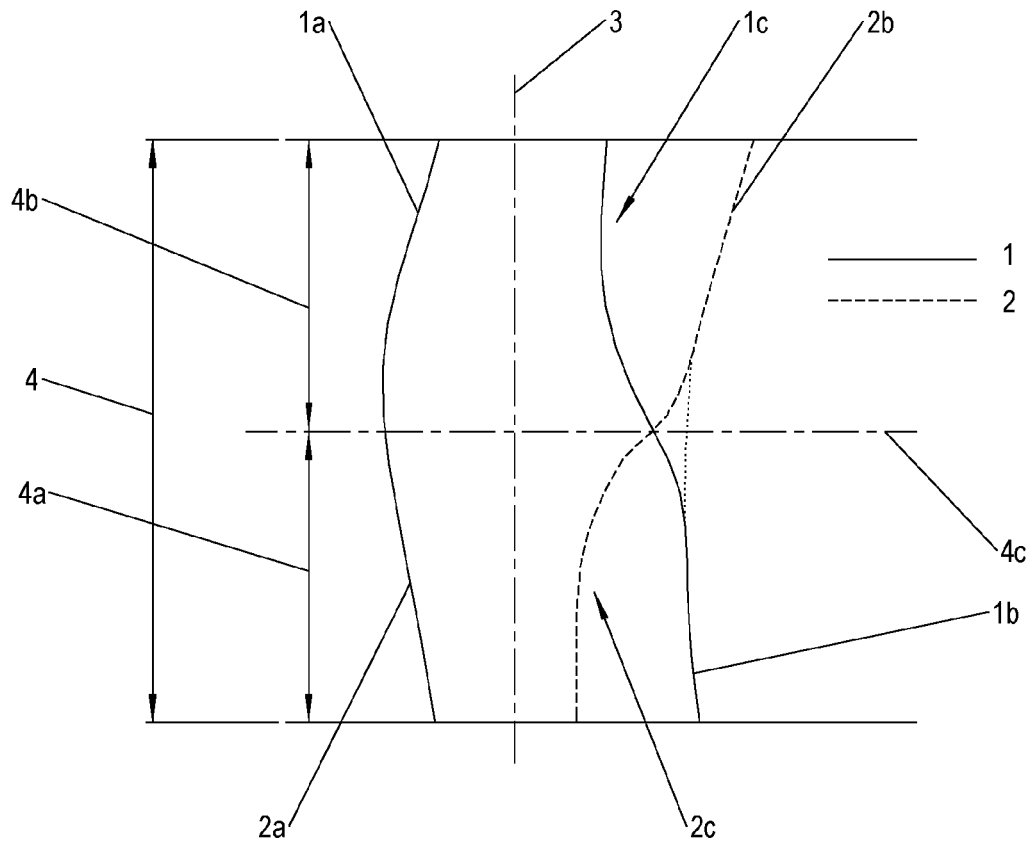


Fig. 1

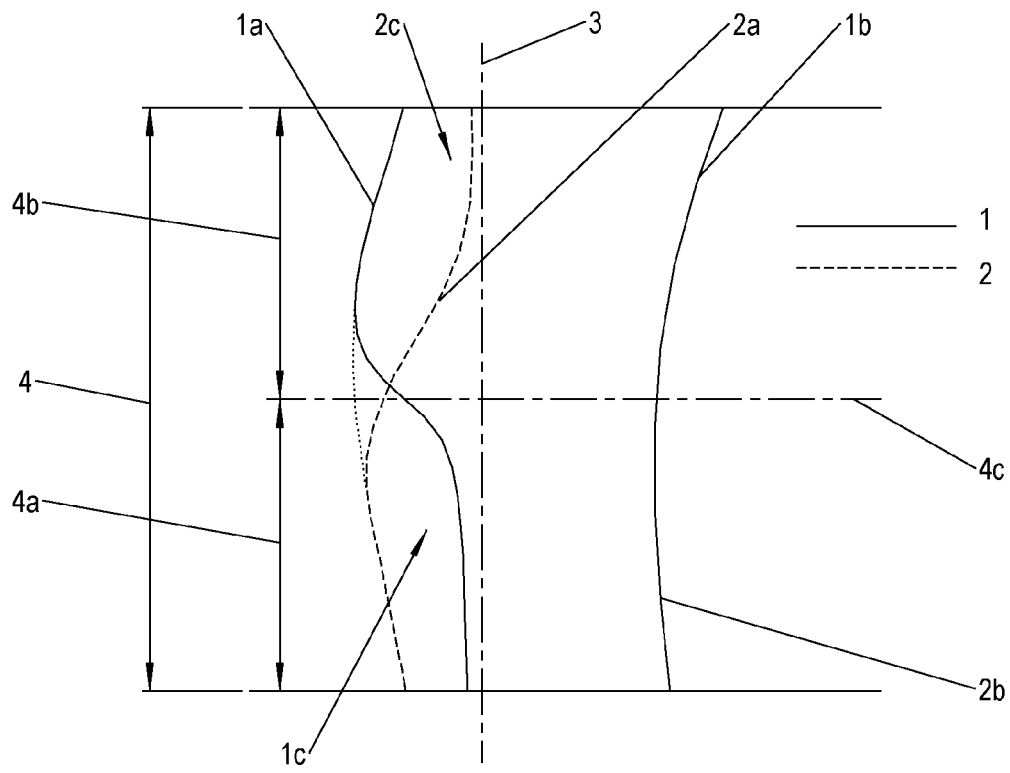


Fig. 2

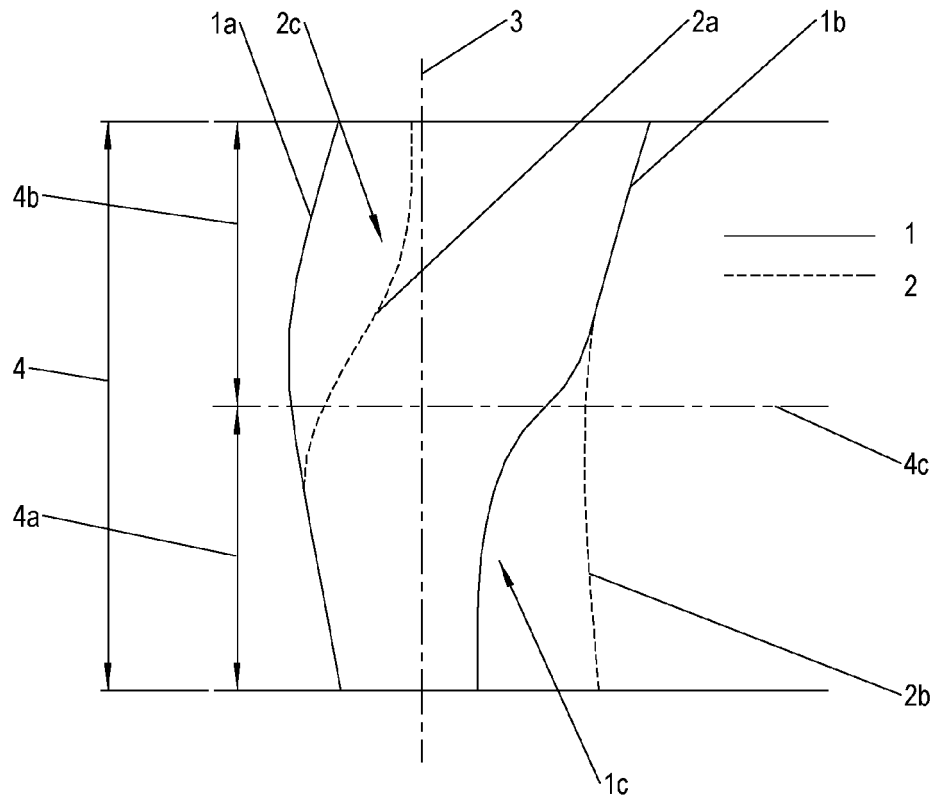


Fig. 3

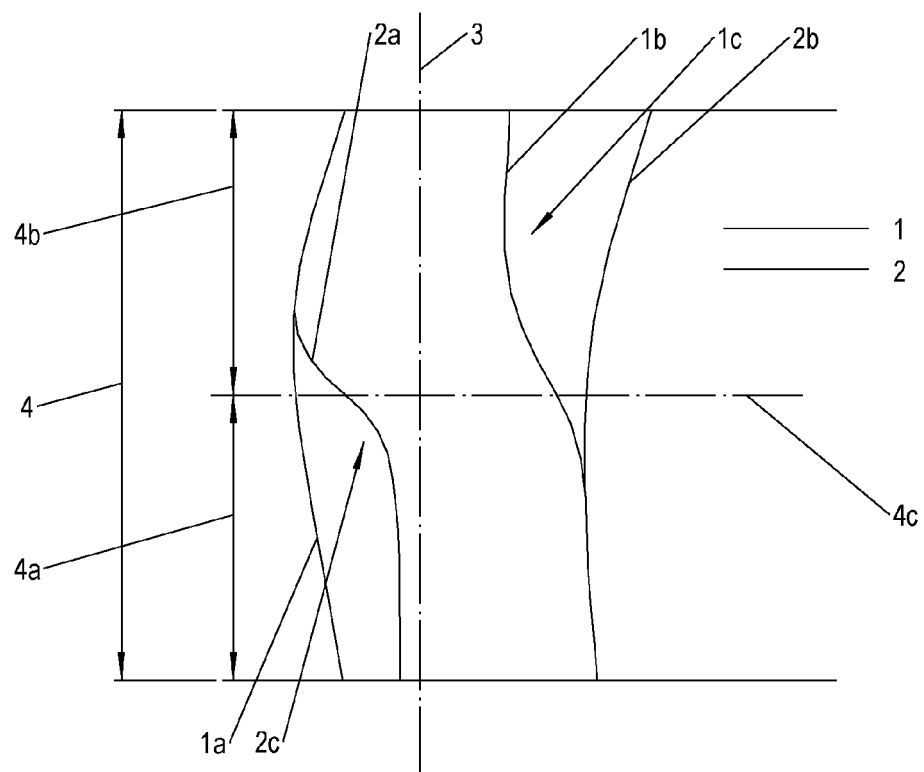


Fig. 4

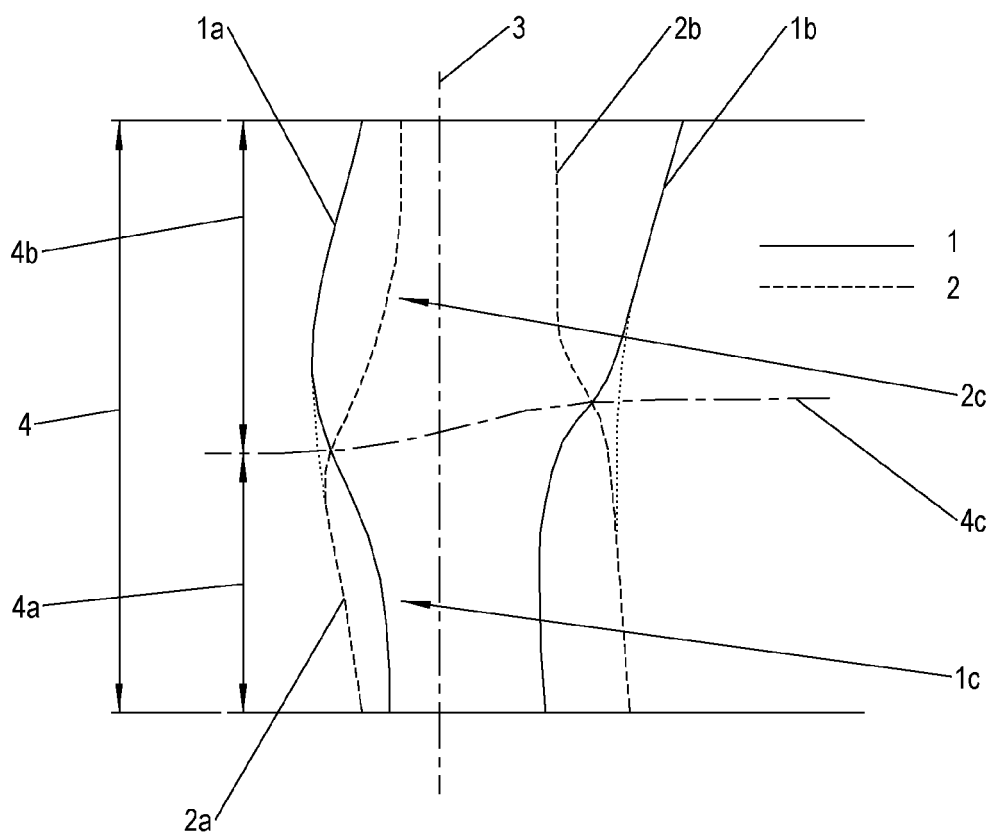


Fig. 5

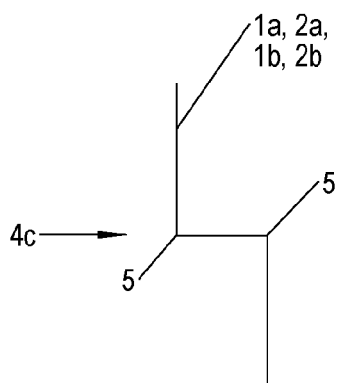


Fig. 6a

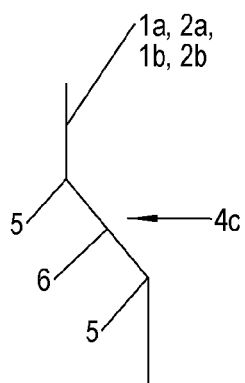


Fig. 6b

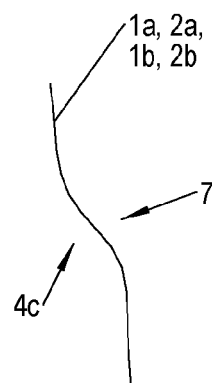


Fig. 6c

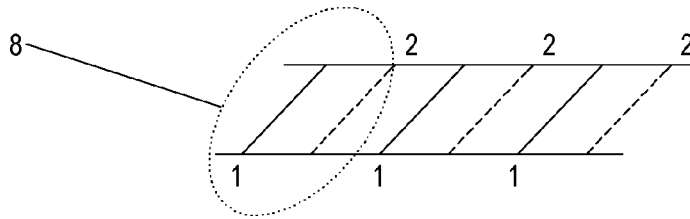


Fig. 7

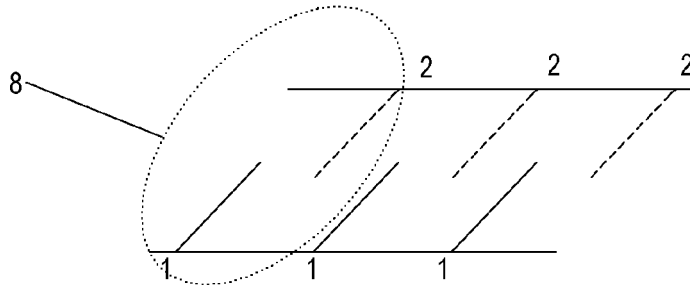


Fig. 8

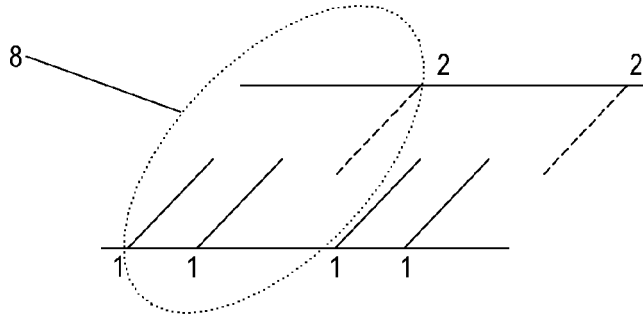


Fig. 9

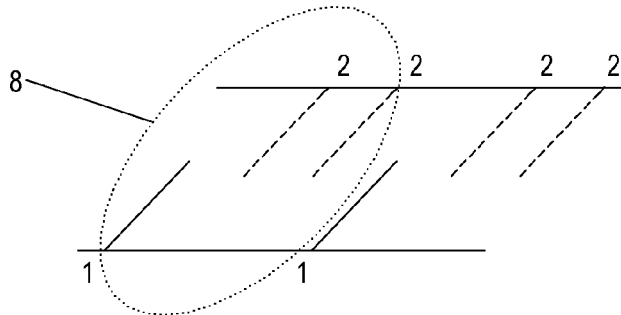


Fig. 10

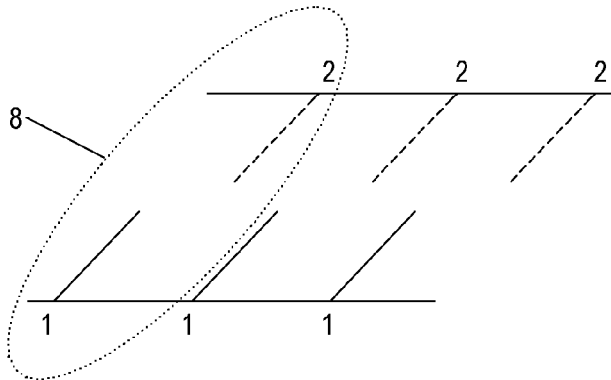


Fig. 11

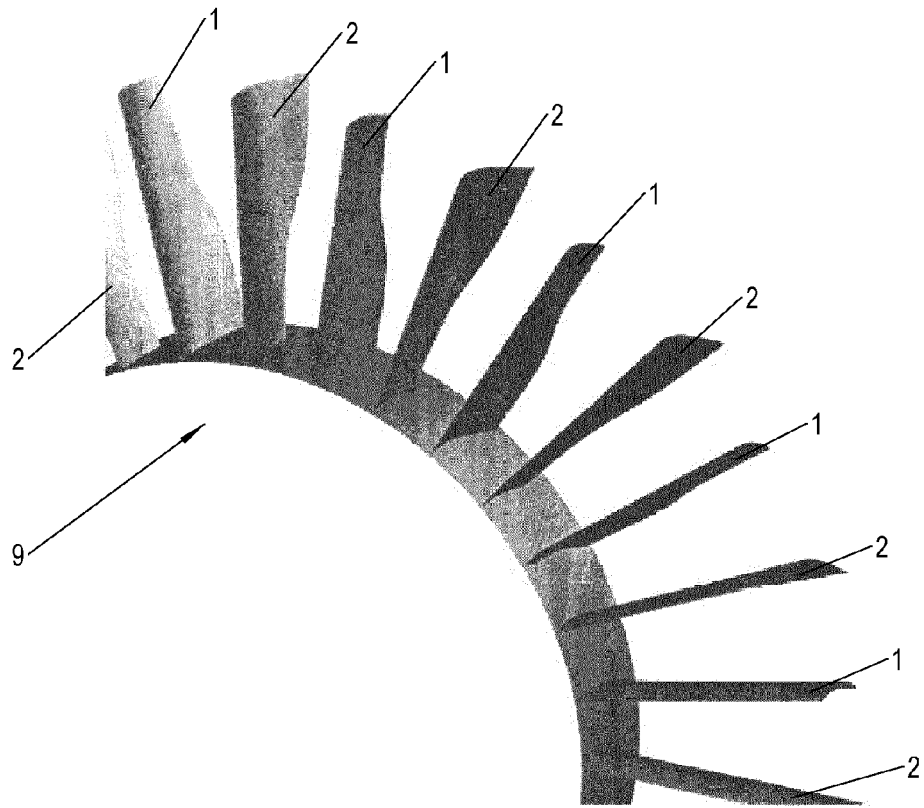


Fig. 12

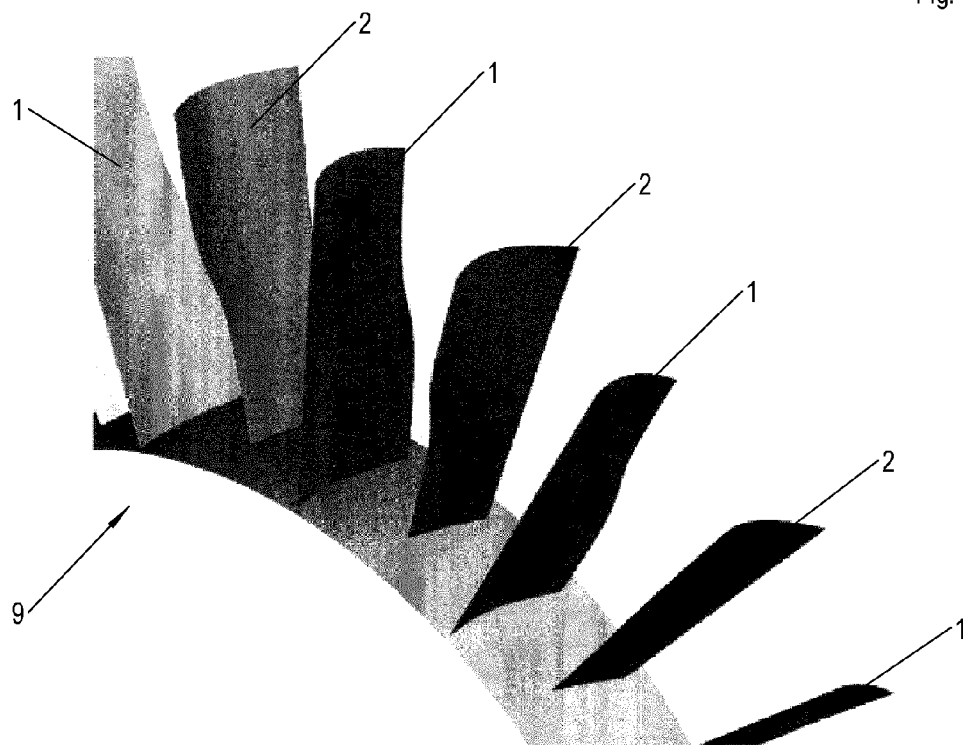


Fig. 13

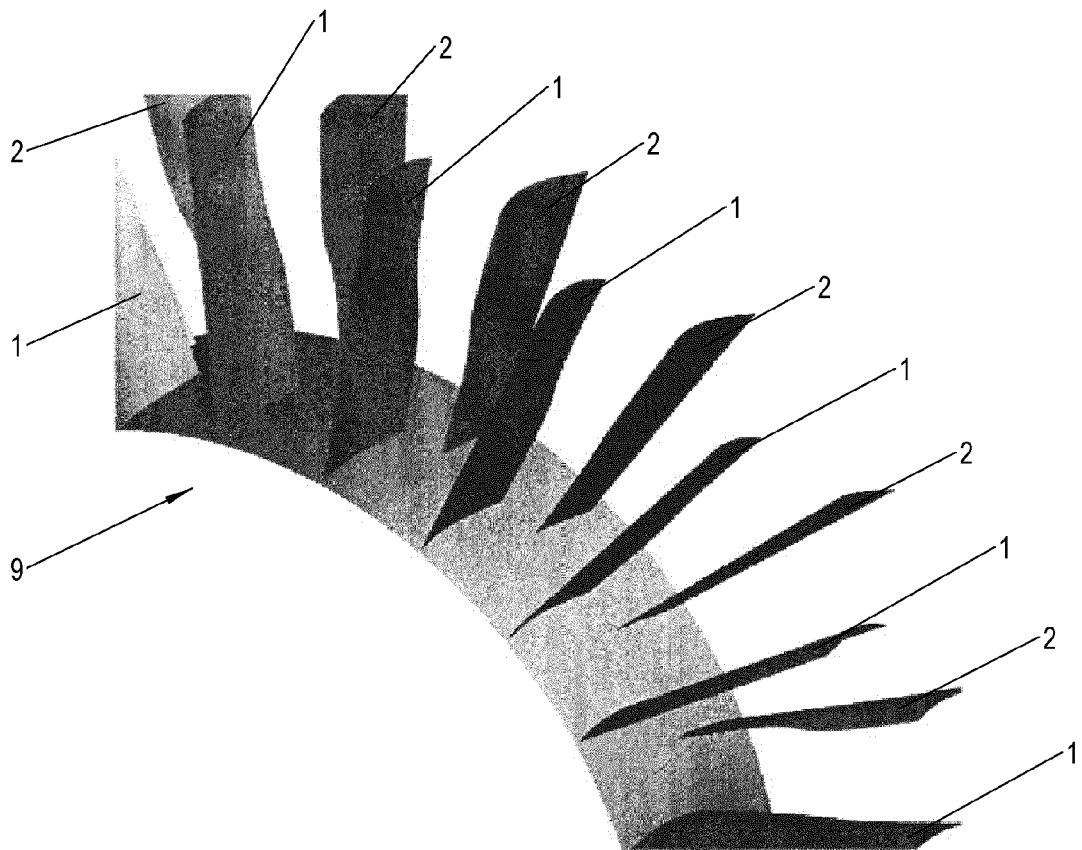


Fig. 14



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 17 9779

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 4 995 786 A (WHEELER JERRY W [US] ET AL) 26. Februar 1991 (1991-02-26) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 32 - Zeile 60 * * Abbildungen 1,2 * -----	1-15	INV. F01D17/16 F01D5/14
A	EP 1 998 006 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. Dezember 2008 (2008-12-03) * Zusammenfassung * * Abbildung 2 *	1-15	
A	WO 2010/007224 A1 (SNECMA [FR]; DOMERCQ OLIVIER STEPHANE [FR]; PERROT VINCENT PAUL GABRIE) 21. Januar 2010 (2010-01-21) * Zusammenfassung * * Spalte 6, Zeile 23 - Zeile 29 * * Abbildung 1 * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Oktober 2013	Prüfer Mielimonka, Ingo
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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 17 9779

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-10-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4995786	A	26-02-1991	KEINE	

EP 1998006	A2	03-12-2008	EP 1998006 A2	03-12-2008
			US 2008298955 A1	04-12-2008

WO 2010007224	A1	21-01-2010	CA 2728740 A1	21-01-2010
			CN 102076973 A	25-05-2011
			EP 2307735 A1	13-04-2011
			FR 2933148 A1	01-01-2010
			JP 2011525954 A	29-09-2011
			RU 2011102558 A	27-07-2012
			US 2011110773 A1	12-05-2011
			WO 2010007224 A1	21-01-2010

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0745755 A1 [0003]
- DE 102009023100 A1 [0004]
- WO 2007042522 A1 [0005]