



(11) **EP 3 954 875 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.05.2024 Patentblatt 2024/20

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 17/16^(2006.01) F04D 29/56^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21187375.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 17/162; F01D 17/165; F04D 29/544; F04D 29/563

(22) Anmeldetag: **23.07.2021**

(54) **LEITSCHAUFEL, VERDICHTERSTUF FÜR EINE GASTURBINE, STRÖMUNGSMASCHINE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

GUIDE VANE, COMPRESSOR STAGE FOR A GAS TURBINE, TURBOMACHINE AND METHOD FOR OPERATING A TURBOMACHINE

AUBE DIRECTRICE, ÉTAGE DE COMPRESSEUR POUR UNE TURBINE À GAZ, TURBOMACHINE ET PROCÉDÉ POUR EXPLOITER UNE TURBOMACHINE

(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

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(30) Priorität: **04.08.2020 DE 102020209792**

(72) Erfinder: **Elorza Gomez, Sergio**
80995 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.02.2022 Patentblatt 2022/07

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 505 263 EP-A1- 3 339 572
DE-T2- 69 408 650

EP 3 954 875 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Leitschaufel, eine Verdichterstufe für eine Gasturbine sowie eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit der Leitschaufel und ein Verfahren zum Betreiben der Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine.

[0002] Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Leitschaufel zur Verfügung zu stellen und/oder den Betrieb einer Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, zu verbessern.

[0003] Die Druckschriften EP 1 505 263 A, EP 3 339 572 A und DE 694 08 650 T offenbaren Beispiele aus dem Stand der Technik für Leitschaufeln mit einem starren und einem verstellbaren Schaufelabschnitt.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Leitschaufel mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Ansprüche 8 und 9 stellen eine Verdichterstufe für eine Gasturbine bzw. eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer oder mehreren hier beschriebenen Leitschaufeln unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0005] Erfindungsgemäß weist eine Leitschaufel ein Schaufelblatt auf, welches seinerseits einen ersten Schaufelblattabschnitt und einen zweiten Schaufelblattabschnitt aufweist, wobei der erste Schaufelblattabschnitt relativ zu dem zweiten Schaufelblattabschnitt um eine Drehachse reversibel von einer ersten Stellung in eine zweite Stellung drehbar, vorzugsweise drehbar gelagert, ist.

[0006] Durch eine Verdrehung um eine Drehachse kann in einer Ausführung eine kompakte, zuverlässige, präzise und/oder mechanisch und/oder aerodynamisch günstige Verstellkinematik realisiert werden.

[0007] In einer Ausführung bildet die Drehachse mit einer Radialrichtung einen Winkel, der höchstens 15° beträgt, in einer Weiterbildung erstreckt sie sich in Radialrichtung. Dadurch kann in einer Ausführung eine besonders vorteilhafte Verstellkinematik realisiert werden.

[0008] Eine Axialrichtung ist in einer Ausführung parallel zu einer Dreh- bzw. (Haupt)Maschinenachse einer Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, für die bzw. in der die Leitschaufel in einer Ausführung vorgesehen bzw. angeordnet ist bzw. verwendet wird, eine Umfangsrichtung in einer Ausführung eine Rotationsrichtung um diese Dreh- bzw. (Haupt)Maschinenachse, eine Radialrichtung eine Richtung senkrecht zur Axial- und Umfangsrichtung bzw. eine Richtung(sachse), die die Dreh- bzw. (Haupt)Maschinenachse senkrecht schneidet. Eine Durchströmungsrichtung ist in einer Ausführung eine Richtung einer vorgesehenen bzw. Auslegungsdurchströmung und/oder eine Richtung von einer Vorder- zu einer Hinterkante der Leitschaufel bzw. ihres Schaufelblatts und/oder parallel zur Dreh- bzw.

[0009] (Haupt)Maschinenachse bzw. Axialrichtung und/oder, in einer Ausführung parallel zur Dreh- bzw.

(Haupt)Maschinenachse bzw. Axialrichtung, von einem Eintritt zu einem Austritt der Turbomaschine, "stromaufwärtig" damit, in einer Ausführung in bzw. bezüglich bzw. längs der axialen Richtung, in Richtung zur Vorderkante bzw. zum Eintritt hin, "stromabwärtig" in Richtung zur Hinterkante bzw. zum Austritt hin, in einer Ausführung in bzw. bezüglich bzw. längs der axialen Richtung zur Hinterkante bzw. zum Austritt hin. Eine Vorderkante ist entsprechend eine stromaufwärtige(re) bzw. einem Eintritt nähere Kante, eine Hinterkante entsprechend eine stromabwärtige(re) bzw. einem Austritt nähere Kante. In einer Ausführung ist ein stromaufwärtigster Punkt eines Schnitts eines Schaufelblatts bzw. seines ersten bzw. zweiten Schaufelblattabschnitts mit einem Zylinder um die Dreh- bzw.

[0010] (Haupt)Maschinenachse eine Vorderkante und ein stromabwärtigster Punkt dieses Schnitts, d.h. auf gleicher radialer Höhe, eine Hinterkante eines Profil(schnitt)s dieses Schaufelblatt(abschnitt)s, die Verbindungslinie eine (Profil)Sehne dieses Profil(schnitt)s und das Profil bzw. der Profilschnitt selber der, insbesondere ebene, (Quer)schnitt, der diese (Profil)Sehne enthält und auf einer (Geraden der) kürzesten Verbindung zwischen Dreh- bzw. (Haupt)Maschinenachse und (Profil)Sehne senkrecht steht. In einer Ausführung definieren bzw. bilden radial aufeinanderfolgende, in einer Ausführung längs der Fädelachse aufgefädelt, Profil(schnitt)e das Schaufelblatt bzw. seine Außenkontur und entsprechend Elemente dieser Profil(schnitt)e als Profil(schnitt)e den ersten Schaufelblattabschnitt bzw. dessen Außenkontur und andere Elemente dieser Profil(schnitt)e als Profil(schnitt)e den zweiten Schaufelblattabschnitt bzw. dessen Außenkontur. Profil und Profilschnitt können insbesondere gleichbedeutend sein.

[0011] Erfindungsgemäß ist in einem oder mehreren Profil(schnitt)en des Schaufelblatts die Drehachse außerhalb eines Profil(schnitt)s des ersten Schaufelblattabschnitts angeordnet. In einer Ausführung ist die Drehachse außerhalb des Schaufelblatts angeordnet.

[0012] Dadurch kann in einer Ausführung eine besonders vorteilhafte Verstellkinematik realisiert werden.

[0013] Zusätzlich weist die Leitschaufel nach der vorliegenden Erfindung in einem oder mehreren Profil(schnitt)en des Schaufelblatts ein Profil(schnitt) des ersten Schaufelblattabschnitts eine Saugseite mit einem ersten und einem, in einer Ausführung daran, insbesondere stromaufwärts, anschließenden, zweiten Konturabschnitt und ein Profil(schnitt) des zweiten Schaufelblattabschnitts einen druckseitigen Konturabschnitt auf, wobei

- in der ersten Stellung der erste Konturabschnitt des ersten Schaufelblattabschnitts den druckseitigen Konturabschnitt des zweiten Schaufelblattabschnitts in Umfangsrichtung überdeckt und
- in der zweiten Stellung stattdessen der zweite Konturabschnitt des ersten Schaufelblattabschnitts den druckseitigen Konturabschnitt des zweiten Schaufelblattabschnitts in Umfangsrichtung überdeckt und

felblattabschnitts in Umfangsrichtung überdeckt.

[0014] Dadurch kann in einer Ausführung eine, insbesondere aerodynamisch und/oder mechanisch, besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme, kompakte, einfache und/oder zuverlässige, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform kann der drehbare erste Schaufelblattabschnitt in einer Durchströmungsrichtung stromaufwärtig und der zweite Schaufelblattabschnitt in einer Durchströmungsrichtung gesehen stromabwärtig des ersten Schaufelblattabschnitts angeordnet sein.

[0016] Durch eine Verstellung des stromaufwärtigen ersten Schaufelblattabschnitts gegenüber dem stromabwärtigen zweiten Schaufelblattabschnitt können in einer Ausführung vorteilhaft Variationen eines Anström- bzw. Inzidenzwinkels wenigstens teilweise kompensiert, in einer Ausführung mit einer solchen Variation üblicherweise einhergehende Druckverluste und/oder Wirkungsgrad-einbußen reduziert werden.

[0017] Gemäß einer weiteren und ggf. unabhängig zu beanspruchenden Ausführungsform kann der drehbare erste Schaufelblattabschnitt in einer Durchströmungsrichtung stromabwärtig und der zweite Schaufelblattabschnitt in einer Durchströmungsrichtung gesehen dem ersten Schaufelblattabschnitts stromaufwärts vorgelagert angeordnet sein. Dies erlaubt die Abströmbedingung vorteilhaft zu variieren.

[0018] Zusätzlich oder alternativ weist nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem oder mehreren Profil(schnitt)en des Schaufelblatts

- ein, insbesondere das/der, Profil(schnitt) des zweiten Schaufelblattabschnitts in wenigstens einem Punkt, der in einem stromaufwärtigsten bzw. vorderkantennächsten Zehntel, in einer Ausführung in einem stromaufwärtigsten bzw. vorderkantennächsten Zwanzigstel, einer bzw. der Saugseite dieses Profil(schnitt)s des zweiten Schaufelblattabschnitts liegt, eine saugseitige Tangente (an das Profil bzw. den Profilschnitt des zweiten Schaufelblattabschnitts) auf; und
- ein, insbesondere das/der, Profil(schnitt) des ersten Schaufelblattabschnitts in einem (saugseitigen) Punkt, der diesem Punkt der Saugseite des Profil(schnitt)s des zweiten Schaufelblattabschnitts in der ersten oder zweiten Stellung am nächsten gelegen ist, eine Tangente (an das Profil bzw. den Profilschnitt des ersten Schaufelblattabschnitts) auf, die mit dieser saugseitigen Tangente einen Winkel von wenigstens 20° bildet.

[0019] Dadurch kann in einer Ausführung eine negativer Effekt einer Leakage(rück)strömung zwischen erstem und zweiten Schaufelblattabschnitt, insbesondere die Gefahr einer Ablösung dieser Strömung von der Saugseite des zweiten Schaufelblattabschnitts, redu-

ziert werden.

[0020] Zusätzlich oder alternativ sind nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung der erste Schaufelblattabschnitt von dem zweiten Schaufelblattabschnitt durch einen Spalt, insbesondere einen Kontaktspace bzw. Spalt, in dem der erste und zweite Schaufelblattabschnitt einander kontaktieren, oder einen freien Spalt bzw. Spalt, in dem der erste und zweite Schaufelblattabschnitt einander nicht kontaktieren, getrennt bzw. der erste und zweite Schaufelblattabschnitt unverbunden.

[0021] Zusätzlich oder alternativ ist nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung der erste Schaufelblattabschnitt an, in einer Ausführung auf, wenigstens einer um die Drehachse drehbaren, in einer Ausführung drehbar gelagerten, Plattform, insbesondere einem Drehteller angeordnet, in einer Ausführung an bzw. auf zwei einander radial gegenüberliegenden Plattformen bzw. Drehtellern, zwischen denen dann der erste Schaufelblattabschnitt angeordnet ist. In einer Ausführung ist der erste Schaufelblattabschnitt mit der bzw. einer oder beiden Plattformen bzw. Drehtellern zerstörungsfrei lösbar, insbesondere reib- und/oder formschlüssig, oder nicht zerstörungsfrei lösbar, insbesondere stoffschlüssig, verbunden oder integral ausgebildet. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung der erste Schaufelblattabschnitt am Rand der bzw. einer oder beiden Plattformen bzw. Drehtellern angeordnet.

[0022] Dadurch kann in einer Ausführung eine besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme, kompakte, einfache und/oder zuverlässige, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0023] In einer Ausführung variiert ein Abstand zu der Drehachse längs des ersten Konturabschnitts des ersten Schaufelblattabschnitts um höchstens 10%, insbesondere um höchstens 5%, in einer Ausführung um höchstens 1%, insbesondere kann der erste Konturabschnitt somit ein Segment eines (ersten) Kreises um die Drehachse sein.

[0024] Zusätzlich oder alternativ variiert in einer Ausführung ein Abstand zu der Drehachse längs des zweiten Konturabschnitts des ersten Schaufelblattabschnitts um höchstens 10%, insbesondere um höchstens 5%, in einer Ausführung um höchstens 1%, insbesondere kann der zweite Konturabschnitt somit ein Segment eines, insbesondere des ersten, Kreises um die Drehachse sein.

[0025] Zusätzlich oder alternativ variiert in einer Ausführung ein Abstand zu der Drehachse längs des druckseitigen Konturabschnitts des zweiten Schaufelblattabschnitts um höchstens 10%, insbesondere um höchstens 5%, in einer Ausführung um höchstens 1%, insbesondere kann der druckseitige Konturabschnitt somit ein Segment eines, insbesondere zu dem ersten Kreis konzentrischen, Kreises um die Drehachse sein.

[0026] Entsprechend weist in einer Ausführung der erste Schaufelblattabschnitt einen kegel- oder zylinderartigen Bereich, der den bzw. die ersten und zweiten Konturabschnitte aufweist, und/oder der zweite Schaufelblattabschnitt einen, insbesondere hierzu kongruenten,

kegel- oder zylinderförmigen Bereich auf, der den bzw. die druckseitigen Konturabschnitte aufweist.

[0027] Dadurch kann in einer Ausführung eine besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme und/oder kompakte, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0028] In einer Ausführung weist die Leitschaufel eine, in einer Ausführung elastische und/oder kontaktierende, Dichtung, in einer Ausführung eine Lippen- oder Bürstendichtung, auf, die eine Spaltbreite zwischen einander in der ersten und/oder zweiten Stellung gegenüberliegenden Bereichen des ersten und zweiten Schaufelblattabschnitts reduziert bzw. hierzu vorgesehen, insbesondere eingerichtet ist bzw. verwendet wird. Die Dichtung kann insbesondere an dem zweiten Schaufelblattabschnitt, insbesondere dem druckseitigen Konturabschnitt des zweiten Schaufelblattabschnitts, und/oder an dem ersten Schaufelblattabschnitt, insbesondere an dem ersten und/oder zweiten Konturabschnitt des ersten Schaufelblattabschnitts, angeordnet sein.

[0029] Dadurch kann in einer Ausführung eine besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0030] Erfindungsgemäß ist die Drehachse auf der Seite der Druckseite des Schaufelblatts bzw. seitlich von der Druckseite des Schaufelblatts angeordnet.

[0031] Erfindungsgemäß ist die Drehachse stromabwärts nach einer Vorderkante des zweiten Schaufelblattabschnitts angeordnet.

[0032] Zusätzlich ist die Drehachse stromaufwärts vor einer Hinterkante des zweiten Schaufelblattabschnitts angeordnet.

[0033] Zusätzlich ist die Drehachse in dem wenigstens einen Profilschnitt des Schaufelblatts außerhalb des Profil(schnitt)s des zweiten Schaufelblattabschnitts angeordnet. In einer Ausführung ist die Drehachse außerhalb des zweiten Schaufelblattabschnitts angeordnet.

[0034] Dadurch kann in einer Ausführung eine, insbesondere aerodynamisch und/oder mechanisch, besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme, kompakte, einfache und/oder zuverlässige, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0035] In einer Ausführung weist die Leitschaufel ein Außendeckband, das in einer Ausführung radial außen von dem Schaufelblatt angeordnet ist, und/oder Innendeckband auf, das in einer Ausführung radial innen von dem Schaufelblatt angeordnet ist.

[0036] In einer Ausführung ist der erste Schaufelblattabschnitt, in einer Ausführung über die bzw. eine der Plattform(en), um die Drehachse drehbar an dem Außendeckband angeordnet, in einer Ausführung gelagert.

[0037] Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung der erste Schaufelblattabschnitt, in einer Ausführung über die bzw. andere der Plattform(en), um die Drehachse drehbar an dem Innendeckband angeordnet, in einer Ausführung gelagert.

[0038] Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung der zweite Schaufelblattabschnitt fest, insbesondere

re drehfest, in einer Ausführung ortsfest, an dem Außendeckband angeordnet, in einer Ausführung mit dem Außendeckband zerstörungsfrei lösbar, insbesondere reib- und/oder formschlüssig, oder nicht zerstörungsfrei lösbar, insbesondere stoffschlüssig, verbunden oder integral ausgebildet.

[0039] Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung der zweite Schaufelblattabschnitt fest, insbesondere drehfest, in einer Ausführung ortsfest, an dem Innendeckband angeordnet, in einer Ausführung mit dem Innendeckband zerstörungsfrei lösbar, insbesondere reib- und/oder formschlüssig, oder nicht zerstörungsfrei lösbar, insbesondere stoffschlüssig, verbunden oder integral ausgebildet.

[0040] Dadurch kann in einer Ausführung eine, insbesondere aerodynamisch und/oder mechanisch, besonders vorteilhafte, in einer Ausführung verlustarme, kompakte, einfache und/oder zuverlässige, Verstellung der Leitschaufel realisiert werden.

[0041] Die vorliegende Erfindung ist für Gasturbinen und insbesondere deren Verdichterstufen, und/oder Austrittsleitgitter besonders geeignet und wird entsprechend in einer Ausführung hierfür, besonders bevorzugt also als bzw. in einem Verdichterstufenaustrittsleitgitter(schaufel) einer Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk-Gasturbine, verwendet bzw. hierbei eingesetzt, ohne jedoch hierauf beschränkt zu sein.

[0042] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird bzw. werden zum bzw. beim Betreiben einer Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer oder mehreren hier beschriebenen Leitschaufeln deren erste(r) Schaufelblattabschnitt(e), in einer Ausführung synchron, von der ersten in die zweite Stellung verstellt bzw. -dreht.

[0043] In einer Ausführung ist ein axialer Abstand zwischen einer Vorderkante des ersten Schaufelblattabschnitts und einer Hinterkante des zweiten Schaufelblattabschnitts der Leitschaufel(n) in der zweiten Stellung bzw. eine axiale Erstreckung der Leitschaufel(n) in der zweiten Stellung kürzer als in der ersten Stellung. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung ein Abstand in Umfangsrichtung zwischen einer Vorderkante des ersten Schaufelblattabschnitts und einer Vorder- oder Hinterkante oder Saugseite des zweiten Schaufelblattabschnitts der Leitschaufel(n) in der zweiten Stellung bzw. eine axiale Erstreckung der Leitschaufel(n) in der zweiten Stellung kürzer als in der ersten Stellung.

[0044] Zusätzlich oder alternativ wird/werden in einer Ausführung der erste Schaufelblattabschnitt der Leitschaufel bzw. die ersten Schaufelblattabschnitte der Leitschaufeln in bzw. zum Betrieben in einem Betriebspunkt mit einem saugseitige(re)n Anströmwinkel in die zweite Stellung und/oder in bzw. zum Betrieben in einem Betriebspunkt mit einem druckseitige(re)n Anströmwinkel in die erste Stellung verstellt bzw. -dreht.

[0045] Dadurch kann in einer Ausführung der Betrieb der Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, insbesondere ihr Wirkungsgrad, verbessert werden.

[0046] Natürlich sind neben der ersten und zweiten Stellung noch weitere Zwischenstellungen und/oder über die erste bzw. zweite Stellung hinausgehenden Stellungen bzw. Winkellagen möglich, insbesondere ist in einer Ausführung der erste Schaufelblattabschnitt, vorzugsweise kontinuierlich, in Stellungen zwischen der ersten und zweiten Stellung und/oder über die erste und/oder zweite Stellung hinaus verstell- bzw. -drehbar.

[0047] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1 eine Leitschaufel nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer ersten Stellung;

Fig. 2 die Leitschaufel in einer zweiten Stellung; und

Fig. 3 die in der ersten Stellung mit eingezeichneten Tangenten.

[0048] Fig. 1 zeigt einen Profilschnitt eines Schaufelblatts einer Leitschaufel nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer ersten Stellung.

[0049] Das Schaufelblatt weist einen stromaufwärtigen ersten Schaufelblattabschnitt 10, der in dem Profilschnitt der Fig. 1 ein(en) Profil(schnitt) 11 mit einer Saugseite 12 aufweist, und einen in einer Durchströmungsrichtung (von links nach rechts in Fig. 1) zweiten Schaufelblattabschnitt 20 auf, der in dem Profilschnitt der Fig. 1 ein(en) Profil(schnitt) 21 aufweist.

[0050] Der zweite Schaufelblattabschnitt 20 ist an einem Außendeckband 30 fest angeordnet.

[0051] Der erste Schaufelblattabschnitt 10 ist von dem zweiten Schaufelblattabschnitt durch einen Spalt S getrennt, in dem eine am zweiten Schaufelblattabschnitt 20 angeordnete Dichtung 22 angeordnet ist, welche die Spaltbreite, wenigstens im Wesentlichen, auf Null reduziert. Der erste und zweite Schaufelblattabschnitt können einander kontaktieren, gleichermaßen kann ein freier Spalt zwischen diesen ausgebildet sein.

[0052] Der erste Schaufelblattabschnitt 10 ist an einer um eine Drehachse D drehbaren Plattform 40 angeordnet und über diese Plattform 40 um die Drehachse D drehbar an dem Außendeckband 30 gelagert. Am radial (senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1) gegenüberliegenden und daher in Fig. 1 nicht sichtbaren anderen Ende der Leitschaufel kann diese in analoger Weise an einem Innendeckband angeordnet oder auch innendeckbandlos ausgeführt sein.

[0053] Die Drehachse D ist auf der Seite der Druckseite (unten in Fig. 1) und in dem Profilschnitt der Fig. 1 außerhalb des Profils 11 des ersten Schaufelblattabschnitts 10, stromabwärts nach einer Vorderkante 23, stromaufwärts vor einer Hinterkante 24 und außerhalb des Profils 21 des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 angeordnet.

[0054] Die Saugseite 12 des Profils 11 des ersten Schaufelblattabschnitts 10 weist einen ersten Konturabschnitt 12A und einen daran stromaufwärtig anschließenden zweiten Konturabschnitt 12B auf, das Profil 21 des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 einen druckseitigen Konturabschnitt 21A.

[0055] In der in Fig. 1 gezeigten ersten Stellung überdeckt der erste Konturabschnitt 12A den druckseitigen Konturabschnitt 21A in Umfangsrichtung (vertikal in Fig. 1).

[0056] Wenn ein Anströmwinkel der Leitschaufel sich zu deren Saugseite (nach oben in Fig. 1) hin verlagert bzw. saugseitiger wird, wird der erste Schaufelblattabschnitt 10 um die Drehachse D in die in Fig. 2 gezeigte zweite Stellung verstellt bzw. (ver)dreht.

[0057] In dieser zweiten Stellung überdeckt statt des ersten Konturabschnitts 12A nun der zweite Konturabschnitt 12B den druckseitigen Konturabschnitt 21A in Umfangsrichtung (der erste Konturabschnitt 12A überdeckt dabei einen anderen (druckseitigen) Konturabschnitt des Profil(schnitt)s 21 des zweiten Schaufelblattabschnitts 20). Mit anderen Worten tritt durch das Verdrehen von der ersten in die zweite Stellung der zweite Konturabschnitt 12B relativ zum zweiten Schaufelblattabschnitt 20 an die Stelle des ersten Konturabschnitts 12A.

[0058] Wenn der Anströmwinkel sich zur Druckseite (nach unten in Fig. 1) hin verlagert bzw. druckseitiger wird, wird der erste Schaufelblattabschnitt 10 um die Drehachse D wieder in die in Fig. 1 gezeigte erste Stellung zurück verstellt bzw. (ver)dreht.

[0059] Natürlich sind neben der ersten und zweiten Stellung noch weitere Zwischenstellungen und/oder über die erste bzw. zweite Stellung hinausgehende Stellungen bzw. Winkellagen möglich.

[0060] Der erste und zweite Konturabschnitt 12A, 12B sind im Ausführungsbeispiel, wenigstens im Wesentlichen, Kreissegmente desselben Kreises, der druckseitige Konturabschnitt 21A, wenigstens im Wesentlichen, ein Kreissegment eines hierzu konzentrischen Kreises, so dass die Abstände r , R zur Drehachse D längs dieser Konturabschnitte, wenigstens im Wesentlichen, konstant sind.

[0061] Fig. 3 zeigt den Profilschnitt der Fig. 1, wobei ein Punkt P2 eingezeichnet ist, der in einem stromaufwärtigsten Zwanzigstel der Saugseite (oben in Fig. 3) des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 bzw. Profil(schnitt)s 21 liegt, d.h. ein saugseitiger Punkt im Bereich bzw. der Nähe der Vorderkante 23.

[0062] Zusätzlich ist der diesem Punkt P2 nächstgelegene Punkt P1 der Saugseite des ersten Schaufelblattabschnitts 10 bzw. Profil(schnitt)s 11 eingezeichnet.

[0063] Außerdem sind die saugseitige Tangente T2 im Punkt P2 (an die Saugseite des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 bzw. Profil(schnitt)s 21) und die saugseitige Tangente T1 im Punkt P1 (an die Saugseite des ersten Schaufelblattabschnitts 10 bzw. Profil(schnitt)s 11) sowie der Winkel α zwischen diesen beiden Tangenten T1,

T2 eingezeichnet, der mehr als 20° beträgt.

[0064] Hierdurch wird die Gefahr einer Ablösung einer Leckage(rück)strömung, die zwischen den beiden Schaufelblattabschnitten 10, 20 durch den Spalt zur Vorderkante 23 des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 hin strömt, von der Saugseite des zweiten Schaufelblattabschnitts 20 bzw. Profil(schnitt)s 21 reduziert.

[0065] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

[0066]

10	erster Schaufelblattabschnitt	
11	Profil(schnitt)	30
12	Saugseite	
12A	erster Konturabschnitt	
12B	zweiter Konturabschnitt	
20	zweiter Schaufelblattabschnitt	
21	Profil(schnitt)	35
21A	druckseitiger Konturabschnitt	
22	Dichtung	
23	Vorderkante	
24	Hinterkante	
30	Außendeckband	40
40	Plattform	
D	Drehachse	
P1	P2 nächstgelegener Punkt der Saugseite des Profil(schnitt)s 11	
P2	vorderkantennaher Punkt der Saugseite des Profil(schnitt)s 21	45
r, R	Abstand	
S	Spalt	
T1	Tangente	
T2	Tangente	50

Patentansprüche

1. Leitschaufel, wobei die Schaufel ein Schaufelblatt mit einem ersten Schaufelblattabschnitt (10) und einem zweiten Schaufelblattabschnitt (20) aufweist und der erste Schaufelblattabschnitt (10) relativ zu

dem zweiten Schaufelblattabschnitt (20) um eine Drehachse (D) reversibel von einer ersten Stellung in eine zweite Stellung drehbar ist, wobei in wenigstens einem Profilschnitt des Schaufelblatts die Drehachse (D) außerhalb eines Profils (11) des ersten Schaufelblattabschnitts (10) angeordnet ist und

ein Profil (11) des ersten Schaufelblattabschnitts eine Saugseite (12) mit einem ersten (12A) und einem zweiten Konturabschnitt (12B) aufweist und

ein Profil (21) des zweiten Schaufelblattabschnitts (20) einen druckseitigen Konturabschnitt (21A) aufweist, den in der ersten Stellung der erste Konturabschnitt (12A) des ersten Schaufelblattabschnitts und in der zweiten Stellung stattdessen der zweite Konturabschnitt (12B) des ersten Schaufelblattabschnitts in Umfangsrichtung überdeckt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Drehachse (D) auf der Seite der Druckseite und stromabwärts der Vorderkante (23) sowie stromaufwärts der Hinterkante (23) des zweiten Schaufelabschnitts (20) liegt.

2. Leitschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Schaufelblattabschnitt (20) in einer Durchströmungsrichtung gesehen stromabwärts des ersten Schaufelblattabschnitts (10) liegt.
3. Leitschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Schaufelblattabschnitt (20) in einer Durchströmungsrichtung gesehen stromaufwärts des ersten Schaufelblattabschnitts (10) liegt.
4. Leitschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Profil des zweiten Schaufelblattabschnitts in wenigstens einem Punkt (P2) in einem stromaufwärtigsten Zehntel seiner Saugseite eine saugseitige Tangente (T2) und ein Profil (11) des ersten Schaufelblattabschnitts in einem diesem Punkt (P2) in der ersten oder zweiten Stellung nächstgelegenen Punkt (P1) eine Tangente (T1) aufweisen, die miteinander einen Winkel (α) von wenigstens 20° bilden.
5. Leitschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand (r) zu der Drehachse (D) längs des ersten Konturabschnitts (12A) um höchstens 10% variiert, ein Abstand (r) zu der Drehachse (D) längs des zweiten Konturabschnitts (12B) um höchstens 10% variiert oder ein Abstand (R) zu der Drehachse (D) längs des druckseitigen Konturabschnitts (21A) um höchstens 10% variiert, oder der zweite Schaufelblattabschnitt einen kegel- oder zylinderartigen Bereich aufweist, der den drucksei-

tigen Konturabschnitt aufweist.

6. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Dichtung (22) zur Reduzierung einer Spaltbreite zwischen einander in der ersten und/oder zweiten Stellung gegenüberliegenden Bereichen des ersten und zweiten Schaufelblattabschnitts.
7. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Außendeckband (30) und/oder Innendeckband, an dem der erste Schaufelblattabschnitt um die Drehachse drehbar angeordnet ist.
8. Verdichterstufe für eine Gasturbine mit wenigstens einer Leitschaufel, insbesondere Austrittsleitschaufel, nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
9. Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit wenigstens einer Leitschaufel, insbesondere Verdichterstufe, nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
10. Verfahren zum Betreiben einer Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Schaufelblattabschnitt (10) der wenigstens einen Leitschaufel, insbesondere die ersten Schaufelblattabschnitte mehrerer Leitschaufeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche, von der ersten in die zweite Stellung verstellt werden.

Claims

1. Guide vane, wherein the vane comprises an airfoil having a first airfoil portion (10) and a second airfoil portion (20), and the first airfoil portion (10) is reversibly rotatable from a first position into a second position about an axis of rotation (D), relative to the second airfoil portion (20), wherein, in at least one profile section of the airfoil, the axis of rotation (D) is arranged outside a profile (11) of the first airfoil portion (10), and
 a profile (11) of the first airfoil portion comprises a suction side (12) having a first contour portion (12A) and a second contour portion (12B), and a profile (21) of the second airfoil portion (20) comprises a pressure-side contour portion (21A), which in the first position is covered by the first contour portion (12A) of the first airfoil portion and in the second position is instead covered by the second contour portion (12B) of the first airfoil portion in the circumferential direction, **characterized in that** the axis of rotation (D) is located on the side of

the pressure side, and downstream of the leading edge (23) and upstream of the trailing edge (23) of the second blade portion (20).

2. Guide vane according to claim 1, **characterized in that** the second airfoil portion (20) is located downstream of the first airfoil portion (10) when viewed in a flow direction.
3. Guide vane according to claim 1, **characterized in that** the second airfoil portion (20) is located upstream of the first airfoil portion (10) when viewed in a flow direction.
4. Guide vane according to claim 1, **characterized in that** a profile of the second airfoil portion comprises a suction-side tangent (T2) at at least one point (P2) in a most-upstream tenth of the suction side thereof, and a profile (11) of the first airfoil portion comprises a tangent (T1) at a point (P1) closest to said point (P2) in the first or second position, which tangents together form an angle (α) of at least 20°.
5. Guide vane according to claim 1, **characterized in that** a distance (r) from the axis of rotation (D) along the first contour portion (12A) varies by at most 10%, a distance (r) from the axis of rotation (D) along the second contour portion (12B) varies by at most 10%, or a distance (R) from the axis of rotation (D) along the pressure-side contour portion (21A) varies by at most 10%, or the second airfoil portion comprises a conical or cylindrical region which comprises the pressure-side contour portion.
6. Guide vane according to any of the preceding claims, **characterized by** a seal (22) for reducing a gap width between regions of the first and the second blade portion that are opposite one another in the first and/or second position.
7. Guide vane according to any of the preceding claims, **characterized by** an outer shroud (30) and/or inner shroud, on which the first airfoil portion is arranged so as to be rotatable about the axis of rotation.
8. Compressor stage for a gas turbine having at least one guide vane, in particular an outlet guide vane, according to any of the preceding claims.
9. Turbomachine, in particular a gas turbine, comprising at least one guide vane, in particular a compressor stage, according to any of the preceding claims.
10. Method for operating a turbomachine, in particular a gas turbine, according to the preceding claim, **characterized in that** the first airfoil portion (10) of the at least one guide vane, in particular the first airfoil portions of a plurality of guide vanes according to

any of the preceding claims, are moved from the first to the second position.

Revendications

1. Aube directrice, l'aube présentant une pale d'aube comportant une première partie de pale d'aube (10) et une seconde partie de pale d'aube (20) et la première partie de pale d'aube (10) pouvant tourner par rapport à la seconde partie de pale d'aube (20) autour d'un axe de rotation (D) de manière réversible d'une première position à une seconde position, l'axe de rotation (D) étant disposé à l'extérieur d'un profil (11) de la première partie de pale d'aube (10) dans au moins une section transversale de la pale d'aube et

un profil (11) de la première partie de pale d'aube présentant un côté aspiration (12) comportant une première (12A) et une seconde partie de contour (12B) et

un profil (21) de la seconde partie de pale d'aube (20) présentant une partie de contour (21A) côté refoulement, que la première partie de contour (12A) de la première partie de pale d'aube recouvre dans la première position et que la seconde partie de contour (12B) de la première partie de pale d'aube recouvre dans la seconde position au lieu de cela, dans la direction périphérique,

caractérisée en ce que

l'axe de rotation (D) se situe sur le côté du côté refoulement et en aval du bord d'attaque (23) et en amont du bord de fuite (23) de la seconde partie d'aube (20).

2. Aube directrice selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la seconde partie de pale d'aube (20), vue dans un sens d'écoulement, se situe en aval de la première partie de pale d'aube (10).
3. Aube directrice selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la seconde partie de pale d'aube (20), vue dans un sens d'écoulement, se situe en amont de la première partie de pale d'aube (10).
4. Aube directrice selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**un profil de la seconde partie de pale d'aube présente une tangente (T2) côté aspiration en au moins un point (P2) dans un dixième le plus en amont de son côté aspiration et un profil (11) de la première partie de pale d'aube présente une tangente (T1) en un point (P1) situé le plus près de ce point (P2) dans la première ou la seconde position, lesquelles tangentes forment l'une avec l'autre un angle (α) d'au maximum 20°.

5. Aube directrice selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**une distance (r) à l'axe de rotation (D) varie d'au maximum 10 % le long de la première partie de contour (12A), une distance (r) à l'axe de rotation (D) varie d'au maximum 10 % le long de la seconde partie de contour (12B) ou une distance (R) à l'axe de rotation (D) varie d'au maximum 10 % le long de la partie de contour (21A) côté refoulement, ou la seconde partie de pale d'aube présente une région de type cône ou cylindre qui présente la partie de contour côté refoulement.
6. Aube directrice selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée par** un joint d'étanchéité (22) permettant la réduction d'une largeur de fente entre des régions, se faisant face dans la première et/ou la seconde position, de la première et de la seconde partie de pale d'aube.
7. Aube directrice selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée par** un carénage extérieur (30) et/ou un carénage intérieur, sur lequel la première partie de pale d'aube est disposée de manière à pouvoir tourner autour de l'axe de rotation.
8. Étage de compresseur pour une turbine à gaz comportant au moins une aube directrice, en particulier une aube directrice de sortie, selon l'une des revendications précédentes.
9. Turbomachine, en particulier turbine à gaz, comportant au moins une aube directrice, en particulier un étage de compresseur, selon l'une des revendications précédentes.
10. Procédé permettant de faire fonctionner une turbomachine, en particulier une turbine à gaz, selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la première partie de pale d'aube (10) de l'au moins une aube directrice, en particulier les premières parties de pale d'aube de plusieurs aubes directrices selon l'une des revendications précédentes, sont réglées de la première à la seconde position.

Fig. 1

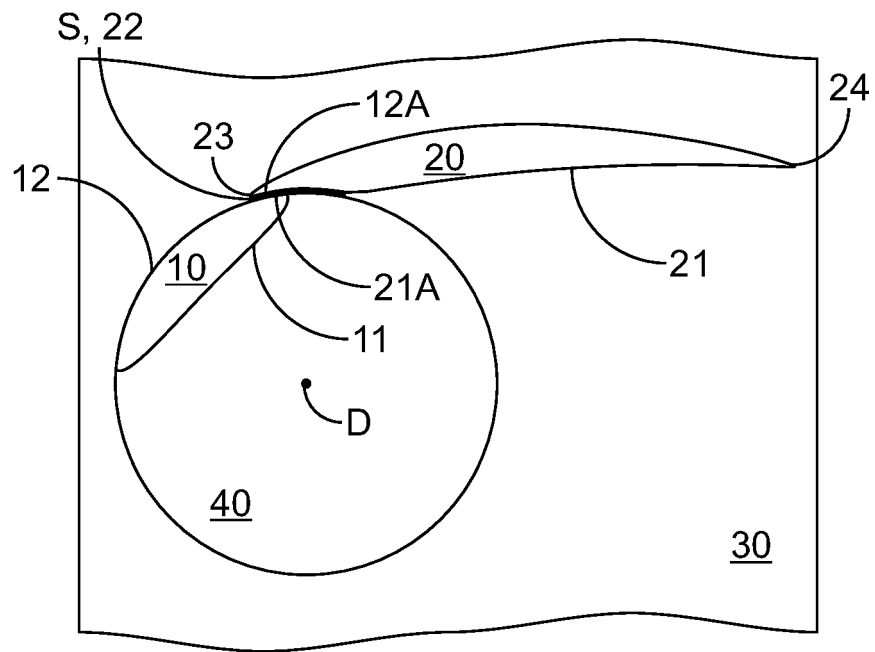


Fig. 2

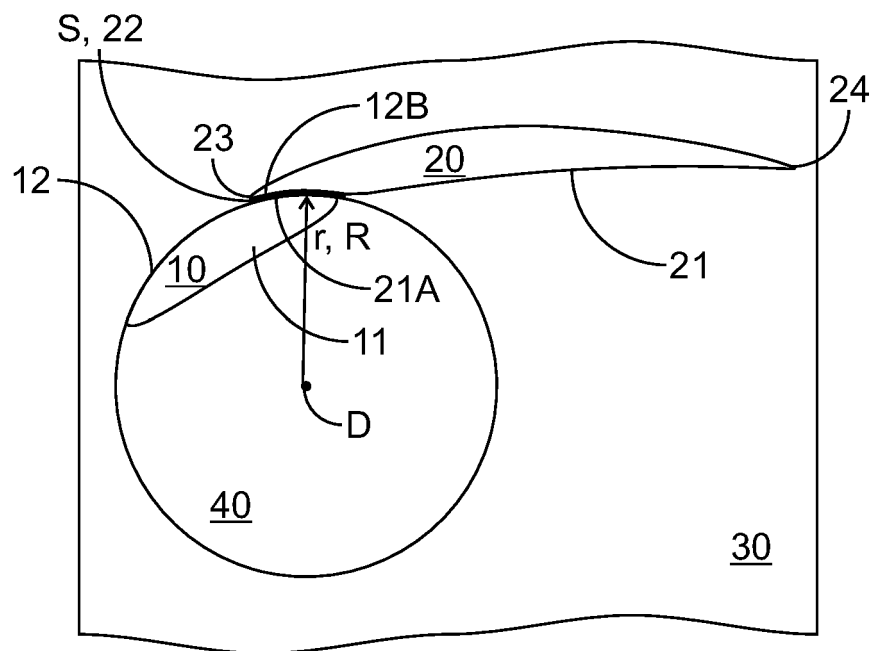
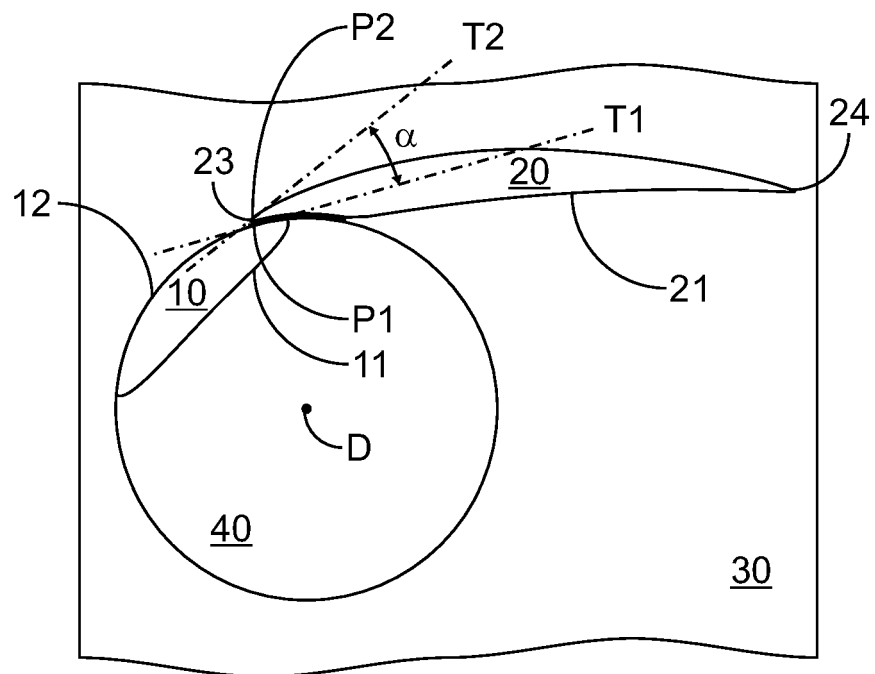


Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1505263 A [0003]
- EP 3339572 A [0003]
- DE 69408650 T [0003]