



(10) **DE 10 2019 216 632 A1** 2021.04.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 216 632.6**

(22) Anmeldetag: **29.10.2019**

(43) Offenlegungstag: **29.04.2021**

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

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 9/02 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
Inzenhofer, Andre, 80995 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

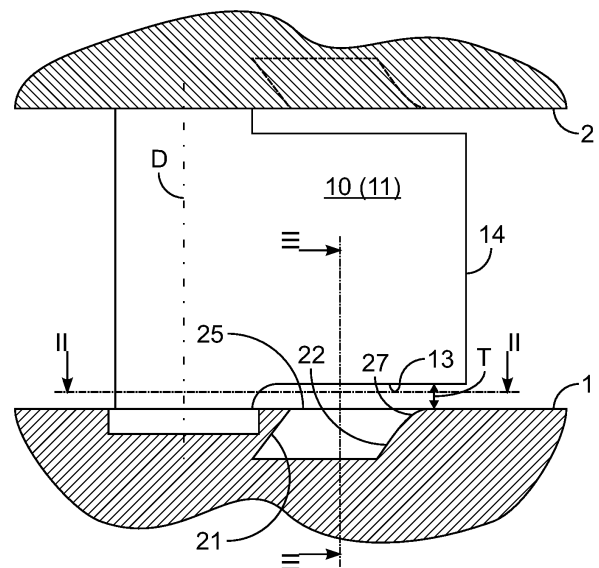
DE	10 2007 056 953	A1
DE	10 2008 011 644	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Turbomaschinen-Leitschaufelanordnung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Leitschaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit wenigstens einer um eine Drehachse (D) verstellbaren Leitschaufel, deren Schaufelblatt (10) zwischen einer ersten Wandung (1) und einer zweiten Wandung (2) angeordnet ist und eine Druckseite (11) und eine in einer Umfangsrichtung darauffolgende Saugseite (12) aufweist, wobei wenigstens eine dieser Wandungen eine dieser Leitschaufel zugeordnete erste Nut aufweist, die eine hintere Flanke (22) und eine drehachsnähere vordere Flanke (21) aufweist, welche durch ein erstes Ende (23) und ein in der Umfangsrichtung darauffolgendes zweites Ende (24) der ersten Nut miteinander verbunden sind, und wobei in wenigstens einer Stellung der Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaufel und/oder im Auslegungsbetriebspunkt, eine schaufelseitige Öffnung (25) der ersten Nut und eine Projektion einer dieser Wandung zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite (13) des Schaufelblattes der Leitschaufel in Richtung der Drehachse auf diese Wandung einander wenigstens teilweise überdecken.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Leitschaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit wenigstens einer um eine Drehachse verstellbaren Leitschaufel, sowie eine Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit der Leitschaufelanordnung und ein Verfahren zum Betreiben der Leitschaufelanordnung bzw. Turbomaschine.

[0002] Bei um ihre Drehachsen verstellbaren Leitschaufeln ist in der Regel in wenigstens einer Stellung ein Teilspace zwischen einer Wandung und einer dieser zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite des Schaufelblattes der Leitschaufel vorhanden. Häufig weist dieser Teilspace, insbesondere aus thermodynamischen und Fertigungsgründen, selbst in einer Nominalstellung bzw. einem Auslegungsbetriebspunkt noch eine Mindestspalthöhe auf und/oder vergrößert sich mit zunehmender Verstellung.

[0003] Aufgrund des Druckgradienten zwischen Druck- und Saugseite der Leitschaufel kann es, insbesondere bei zunehmender Androsselung eines Verdichters, zu einer unerwünschten Teilspaceströmung von der Druck- zu der Saugseite durch den Teilspace kommen, die, insbesondere durch Mischverluste, Strömungsumverteilung und/oder -zögerung, insbesondere lokale Blockagen, und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbel, die Performance, insbesondere den Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine beeinträchtigen kann.

[0004] Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, den Betrieb einer Turbomaschine zu verbessern, vorzugsweise wenigstens einen der oben genannten Nachteile zu reduzieren.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Leitschaufelanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ansprüche 10, 11 stellen eine Turbomaschine mit wenigstens einer hier beschriebenen Leitschaufelanordnung und ein Verfahren zum Betreiben einer hier beschriebenen Leitschaufelanordnung, insbesondere Turbomaschine, unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist eine Leitschaufelanordnung für eine, insbesondere einer, Turbomaschine, insbesondere eine(r) Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, eine oder mehrere (jeweils) um eine Drehachse verstellbare, insbesondere verdrehbare, Leitschaufeln auf, deren Schaufelblatt bzw. Schaufelblätter zwischen einer ersten Wandung und einer zweiten Wandung angeordnet ist bzw. sind und (jeweils) eine Druckseite und

eine in einer Umfangsrichtung, insbesondere um eine Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine, darauffolgende Saugseite aufweist bzw. aufweisen.

[0007] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist wenigstens eine dieser Wandungen, in einer Ausführung die radial innere bzw. nabenseitige Wandung und/oder die radial äußere bzw. gehäusesseitige Wandung (jeweils), eine der Leitschaufel bzw. einer der Leitschaufeln zugeordnete erste Nut auf, die eine hintere bzw. stromabwärtige(re) und eine drehachsnähere bzw. stromaufwärtige(re) vordere (Nut)Flanke aufweist, welche durch ein erstes bzw. druckseitige(re)s und ein in dieser Umfangsrichtung, in einer Ausführung in einer Längsrichtung der Nut, darauffolgendes zweites bzw. saugseitige(re)s Ende der ersten Nut miteinander verbunden sind, wobei in einer oder mehreren Stellungen dieser Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere über den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, der Leitschaufel, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, eine schaufelseitige Öffnung der ersten Nut (in der Wandung) und eine Projektion einer dieser Wandung zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite des Schaufelblattes dieser Leitschaufel in Richtung der Drehachse auf diese Wandung einander wenigstens teilweise überdecken. In einer Ausführung überlappen Stirnseite und Nut(öffnung) einander somit wenigstens teilweise.

[0008] Hierdurch kann in einer Ausführung eine Teilspaceströmung von der Druck- zu der Saugseite der Leitschaufel durch den Teilspace zwischen der Wandung und der ihr zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite des Schaufelblattes der Leitschaufel vorteilhaft reduziert und/oder umgelenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine verbessert werden.

[0009] In einer Ausführung sind einer oder mehreren der Leitschaufeln der Leitschaufelanordnung jeweils eine der hier beschriebenen ersten Nuten in der radial inneren Wandung und/oder eine der hier beschriebenen ersten Nuten in der radial äußeren Wandung zugeordnet, die (jeweils) eine hintere bzw. stromabwärtige(re) und eine drehachsnähere bzw. stromaufwärtige(re) vordere Flanke aufweisen, welche (jeweils) durch ein erstes bzw. druckseitige(re)s und ein in der Umfangsrichtung, in einer Ausführung in der Längsrichtung der Nut, darauffolgendes zweites bzw. saugseitige(re)s Ende dieser ersten Nut miteinander verbunden sind, wobei in der bzw. den Stellungen der je-

weiligen Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, eine Projektion einer dieser Wandung zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite des Schaufelblattes der jeweiligen Leitschaufel in Richtung der jeweiligen Drehachse auf diese Wandung und eine schaufelseitige Öffnung der dieser Leitschaufel zugeordneten ersten Nut (in) der radial inneren bzw. äußeren Wandung einander wenigstens teilweise überdecken.

[0010] Hierdurch kann in einer Ausführung der hier beschriebene Vorteil für die entsprechenden Leitschaufeln bzw. an ihren radial inneren und/oder äußeren Teilspalten realisiert und so die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine verbessert werden.

[0011] In einer Ausführung weist die radial innere Wandung und/oder die radial äußere Wandung für die Leitschaufel bzw. eine oder mehrere der Leitschaufeln (jeweils) eine oder mehrere weitere der (jeweiligen) Leitschaufel zugeordnete und von der dieser Leitschaufel zugeordneten ersten Nut beabstandete, weitere Nuten auf, die (jeweils) eine hintere bzw. stromabwärtige(re) und eine drehachsnähere bzw. stromabwärtige(re) vordere Flanke aufweisen, die (jeweils) durch ein erstes und ein in der Umfangsrichtung, in einer Ausführung in einer Längsrichtung der Nut, darauffolgendes zweites Ende dieser weiteren Nut miteinander verbunden sind, wobei in der bzw. den Stellungen der jeweiligen Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, eine Projektion der dieser Wandung zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite des Schaufelblattes der jeweiligen Leitschaufel in Richtung der jeweiligen Drehachse auf diese Wandung und eine schaufelseitige Öffnung der dieser Leitschaufel zugeordneten weiteren Nut (in) der radial inneren bzw. äußeren Wandung einander (jeweils) wenigstens teilweise überdecken. In einer Ausführung sind die erste und weitere(n) einer Leitschaufel zugeordnete(n) Nut(en) in Durchströmungsrichtung bzw. in Richtung einer Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine voneinander beabstandet, insbesondere gegeneinander versetzt und/oder hintereinander angeordnet.

[0012] Durch eine solche (Auf)Reihung von Nuten kann in einer Ausführung die Teilspaltströmung besonders vorteilhaft reduziert und/oder umgelenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbe-

sondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert werden.

[0013] In einer Ausführung werden bzw. sind die erste(n) und/oder weitere(n) Nut(en) derart, insbesondere mit der Maßgabe, ausgebildet, insbesondere ausgelegt bzw. konfiguriert, dass ein Einstromen von (Arbeits)Fluid in den Teilspalt zwischen der Stirnseite der (jeweiligen) Leitschaufel und der ihr zugewandten Wandung in einem oder mehreren Betriebspunkten, insbesondere dem Auslegungsbetriebspunkt bzw. der Nominalstellung der Leitschaufel, behindert, in einer Ausführung blockiert, und/oder aus dem Teilspalt und/oder der Nut, ausströmendes Fluid zu einer Hinterkante der (jeweiligen) Leitschaufel hin umgelenkt wird.

[0014] Insbesondere hierzu weist in einer Ausführung das zweite bzw. saugseitige(re) Ende der bzw. einer oder mehrerer der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehrerer der weiteren Nut(en) jeweils wenigstens eine Hinterschneidung auf. In einer Weiterbildung weisen die bzw. eine oder mehrere der ersten Nut(en) und/oder die bzw. eine oder mehrere der weiteren Nut(en) jeweils wenigstens abschnittsweise einen halbherzartigen Querschnitt auf, insbesondere entlang wenigstens eines Abschnitts ihrer Längsrichtung bzw. -achse und/oder in einem Schnitt senkrecht zu ihrer Längsrichtung bzw. -achse.

[0015] Hierdurch wird in einer Ausführung eine (Rück)Zirkulation einströmenden Fluids bewirkt, die die Teilspaltströmung besonders vorteilhaft reduziert und/oder umlenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert.

[0016] Zusätzlich oder alternativ steigen in einer Ausführung die hintere Flanke und/oder die drehachsnähere vordere Flanke der bzw. einer oder mehrere der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehrere der weiteren Nut(en) jeweils wenigstens abschnittsweise mit zunehmendem Abstand zur Drehachse (der Leitschaufel, der diese Nut zugeordnet ist) zur schaufelseitigen Öffnung dieser Nut hin an, in einer Ausführung wenigstens abschnittsweise monoton, insbesondere linear.

[0017] Durch eine entsprechende drehachsnähere vordere Flanke wird in einer Ausführung einströmendes Fluid vorteilhaft abgebremst und so die Teilspaltströmung besonders vorteilhaft reduziert und/oder umlenkt und so, insbesondere durch Reduzierung

von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert.

[0018] Durch eine entsprechende hintere Flanke wird in einer Ausführung aus der Nut bzw. dem Teilspace ausströmendes Fluid vorteilhaft zur Hinterkante der (jeweiligen) Leitschaufel hin bzw. in Richtung der Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine umgelenkt bzw. ein entsprechender (Axial)Impuls aufgeprägt. Hierdurch, insbesondere durch eine dadurch bewirkte Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, kann die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert werden.

[0019] Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung die hintere Flanke der bzw. einer oder mehreren der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehreren der weiteren Nut(en jeweils) an der schaufelseitigen Öffnung dieser Nut konvex, in einer Weiterbildung weist sie an der schaufelseitigen Öffnung eine (Ab)Rundung auf.

[0020] Hierdurch kann in einer Ausführung aus der Nut ausströmendes Fluid besonders vorteilhaft umgelenkt, insbesondere ein entsprechender (Axial)Impuls besonders vorteilhaft aufgeprägt werden. Hierdurch, insbesondere durch eine dadurch bewirkte Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, kann die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert werden.

[0021] Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung ein erstes bzw. druckseitige(re)s Ende der schaufelseitigen Öffnung der bzw. einer oder mehrerer der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehrerer der weiteren Nut(en jeweils) mindestens so weit von der Drehachse der Leitschaufel, der diese Nut zugeordnet ist, beabstandet wie ein in der Umfangsrichtung, in einer Ausführung in der Längsrichtung der Nut, darauffolgendes zweites bzw. saugseitige(re)s Ende der schaufelseitigen Öffnung dieser Nut, insbesondere weiter als das zweite bzw. saugseitige(re) Ende. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung das erste bzw. druckseitige(re) Ende der bzw. einer oder mehrerer der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehrerer der weiteren Nut(en jeweils) mindestens so weit von der Drehachse der Leitschaufel, der diese Nut zugeordnet ist, be-

abstandet wie das in der Umfangsrichtung, in einer Ausführung in der Längsrichtung der Nut, darauffolgende zweite bzw. saugseitige(re) Ende dieser Nut, insbesondere weiter als das zweite bzw. saugseitige(re) Ende, bzw. das zweite bzw. saugseitige(re) Ende nicht weiter von der Drehachse beabstandet als das erste bzw. druckseitige(re) Ende. In einer Ausführung ist die Nut eine gegen die Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine geneigte Diagonalnute, in einer anderen Ausführung eine zur Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine senkrechte (Quer)Nute.

[0022] Hierdurch kann in einer Ausführung einströmendes Fluid besonders vorteilhaft umgelenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine besonders vorteilhaft verbessert werden.

[0023] Zusätzlich oder alternativ steht in der bzw. den Stellungen der bzw. einer oder mehrerer der Leitschaufel(n), insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, die schaufelseitige Öffnung der bzw. einer oder mehrerer der ersten Nut(en) und/oder der bzw. einer oder mehrerer der weiteren Nut(en jeweils) gegenüber der Saug- und/oder Druckseite der ihr zugewandten Stirnseite des Schaufelblattes der (jeweiligen) Leitschaufel hervor, der diese Nut zugeordnet ist.

[0024] Durch einen Überstand auf der Druckseite kann in einer Ausführung Fluid vor bzw. beim Einstromen in den Teilspace besonders vorteilhaft abgesaugt werden, durch einen Überstand auf der Saugseite in einer Ausführung Fluid aus der Nut besonders vorteilhaft abgeführt werden. Hierdurch kann in einer Ausführung die Teilspaceströmung besonders vorteilhaft reduziert und/oder umgelenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine verbessert werden.

[0025] Zusätzlich oder alternativ beträgt in einer Ausführung in der bzw. den Stellungen der bzw. einer oder mehrerer der Leitschaufel(n), insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, ein minimaler Abstand zwischen der

schaufelseitigen Öffnung der bzw. einer oder mehrerer der ersten Nut(en) und einem stromaufwärtigen Anfang der dieser Nut zugewandten Stirnseite des Schaufelblattes der Leitschaufel, der diese Nut zugeordnet ist, (jeweils) höchstens 25% eines minimalen Abstands zwischen diesem stromaufwärtigen Anfang der Stirnseite und einer Hinterkante dieser Stirnseite.

[0026] Hierdurch kann in einer Ausführung Fluid in der Nähe des Teilspaltbeginns aus der Nut strömen. Dadurch kann in einer Ausführung die Teilspaltströmung besonders vorteilhaft umgelenkt und so, insbesondere durch Reduzierung von Strömungsumverteilungen und/oder -zögerungen, insbesondere lokalen Blockagen, Mischverlusten und/oder Verwirbelungen, insbesondere Eckwirbeln, die Performance, insbesondere der Wirkungsgrad und/oder die aerodynamische Stabilität, der Turbomaschine verbessert werden.

[0027] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung werden zum bzw. beim Betreiben einer hier beschriebenen Leitschaufelanordnung bzw. Turbomaschine die bzw. eine oder mehrere der Leitschaufel(n), in einer Ausführung synchron und/oder motorisch, um ihre Drehachse in eine Stellung verstellt, in der die schaufelseitige Öffnung der dieser Leitschaufel zugeordneten ersten und/oder weiteren Nut(en) der radial inneren und/oder äußeren Wandung und die Projektion der diesen zugewandten Stirnseite(n) des Schaufelblattes der Leitschaufel in Richtung ihrer Drehachse auf diese Wandung einander wenigstens teilweise überdecken, in einer Ausführung nacheinander in wenigstens zwei solche Stellungen, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaufel(n).

[0028] In einer Ausführung ist die der ersten Wandung zugewandte Stirnseite und/oder die der zweiten Wandung zugewandte Stirnseite des Schaufelblattes der bzw. einer oder mehrerer der Leitschaufel(n) in einer oder mehreren Stellungen, insbesondere über wenigstens ein Viertel, insbesondere die Hälfte, eines (maximalen) Verstellbereichs, insbesondere über den kompletten bzw. maximalen Verstellbereich, und/oder im Auslegungsbetriebspunkt bzw. einer Nominalstellung, dieser Leitschaufel (jeweils) in der Umfangsrichtung zwischen dem ersten und zweiten Ende der ersten und/oder weiteren dieser Leitschaufel zugeordneten Nut(en) bzw. ihrer schaufelseitigen Öffnung(en) in dieser Wandung angeordnet.

[0029] „Radial innen/außen“ bezieht sich in einer Ausführung auf eine Radialrichtung senkrecht zur Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine und einer Rotationsrichtung um diese.

[0030] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung be-

vorzogter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1 eine Leitschaufelanordnung einer Turbomaschine nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem Meridianschnitt;

Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie II-II in **Fig. 1**;

Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie III-III in **Fig. 1**; und

Fig. 4 eine Leitschaufelanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in **Fig. 2** entsprechender Darstellung.

[0031] **Fig. 1 - Fig. 3** zeigen eine Leitschaufelanordnung einer Turbomaschine nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einem Meridianschnitt (**Fig. 1**), einem Schnitt senkrecht zu einer Drehachse **D** (**Fig. 2**) und einem zu diesen beiden Schnitten senkrechten Schnitt (**Fig. 3**).

[0032] Die Leitschaufelanordnung weist mehrere Leitschaufeln auf, von denen in **Fig. 1 - Fig. 3** eine dargestellt ist.

[0033] Die Leitschaufel wird um die Drehachse **D** verstellt bzw. ist hierzu eingerichtet.

[0034] Ihr Schaufelblatt **10** weist eine Druckseite **11** und eine Saugseite **12** auf und ist zwischen einer ersten, radial inneren bzw. nabenseitigen Wandung **1** und einer zweiten, radial äußeren bzw. gehäuseseitigen Wandung **2** angeordnet.

[0035] Die erste Wandung **1** weist eine dieser Leitschaufel zugeordnete erste Nut auf, die eine hintere, stromabwärtige(re) Flanke **22** und eine drehachsnähere bzw. stromaufwärtige(re) vordere Flanke **21**, welche durch ein erstes, druckseitige(re)s Ende **23** und ein zweites, saugseitige(re)s Ende **24** miteinander verbunden sind, und eine schaufelseitige Öffnung **25** aufweist, die entsprechend eine hintere, stromabwärtige(re) Seite **22a** und eine drehachsnähere bzw. stromaufwärtige(re) vordere Seite **21a** aufweist, welche durch ein erstes, druckseitige(re)s Ende **23a** und ein zweites, saugseitige(re)s Ende **24a** der Öffnung **25** miteinander verbunden sind.

[0036] Die schaufelseitige Öffnung **25** der ersten Nut und eine in **Fig. 2** gestrichelt angedeutete Projektion der dieser ersten Wandung **1** zugewandten und von ihr beabstandeten Stirnseite **13** des Schaufelblattes **10** der Leitschaufel in Richtung der Drehachse **D** auf diese Wandung **1** (nach unten in **Fig. 1**) überdecken einander über den Verstellbereich der Leitschaufel, insbesondere in ihrer in **Fig. 1 - Fig. 3** gezeigten Nominalstellung, teilweise.

[0037] Wie in **Fig. 3** erkennbar, weist das zweite, saugseitige(re) Ende **24** der ersten Nut eine Hinter-

schneidung **26**, insbesondere die erste Nut wenigstens abschnittsweise einen halbherzartigen Querschnitt, auf.

[0038] Hierdurch wird, wie in **Fig. 3** durch Strömungspfeile angedeutet, in den Teilspalt **T** zwischen der Stirnseite **13** des Schaufelblattes **10** der Leitschaufel und der ihr zugewandten Wandung **1** einströmendes Fluid zirkuliert und dadurch ein Einstromen von Fluid behindert.

[0039] Wie in **Fig. 1** erkennbar, steigen die vordere Flanke **21** und die hintere Flanke **22** der ersten Nut mit zunehmendem Abstand zur Drehachse **D** (nach rechts in **Fig. 1**) zur schaufelseitigen Öffnung **25** dieser Nut hin (nach oben in **Fig. 1**) an. Außerdem weist die hintere Flanke **22** an der schaufelseitigen Öffnung **25** eine konvexe Abrundung **27** auf.

[0040] Zudem steht, wie in **Fig. 2** erkennbar, die schaufelseitige Öffnung **25** gegenüber der Saugseite **12** und Druckseite **11** der Stirnseite **13** des Schaufelblattes **10** der Leitschaufel hervor.

[0041] Ein minimaler Abstand zwischen der schaufelseitigen Öffnung **25** und einem stromaufwärtigen Anfang der Stirnseite **13** des Schaufelblattes **10** der Leitschaufel beträgt weniger als 25% eines minimalen Abstands zwischen diesem Anfang und der Hinterkante **14**.

[0042] Durch diese Merkmale, insbesondere ihre Kombination, wird, wie in **Fig. 2** durch einen Strömungspfeil angedeutet, in den Teilspalt **T** zwischen der Stirnseite **13** des Schaufelblattes **10** der Leitschaufel und der ihr zugewandten Wandung **1** ein- bzw. hieraus bzw. aus der Nut wieder ausströmendes Fluid zur Hinterkante **14** hin umgelenkt und dieser dadurch vorteilhaft ein entsprechender (Axial)Impuls aufgebracht.

[0043] Gleichwohl können eines oder mehrere dieser Merkmale, insbesondere also die Hinterschneidung **26** bzw. der halbherzartige Querschnitt (vgl. **Fig. 3**), die ansteigende vordere Flanke **21**, die ansteigende hintere Flanke **22**, deren konvexe Abrundung **27** (vgl. **Fig. 1**) und/oder das Hervorstehen der schaufelseitigen Öffnung **25** gegenüber der Saug- und Druckseite **12**, **11** (vgl. **Fig. 2**) auch entfallen, da bereits durch die Nut als solches und insbesondere jedes dieser Merkmale für sich eine Teilspaltströmung behindert und/oder umgelenkt und so die Performance verbessert werden kann.

[0044] **Fig. 4** zeigt in **Fig. 2** entsprechender Darstellung eine Leitschaufelanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung. Einander entsprechende Merkmale sind durch identische Bezugszeichen identifiziert, so dass auf die vorstehende Be-

schreibung Bezug genommen und nachfolgend nur auf Unterschiede eingegangen wird.

[0045] In der Ausführung der **Fig. 4** sind zusätzlich zu der ersten Nut der Ausführung der **Fig. 1 - Fig. 3** weitere, von der ersten Nut und voneinander beabstandete, Nuten vorgesehen, wobei die schaufelseitigen Öffnungen **25** dieser baugleichen Nuten und die wiederum gestrichelt angedeutete Projektion der Stirnseite **13** einander wenigstens teilweise überdecken.

[0046] Zudem sind die Nuten der Ausführung der **Fig. 4** gegen die Rotationsachse der Turbomaschine (horizontal in **Fig. 1**, **Fig. 2**, **Fig. 4**) geneigt, so dass jeweils das erste, druckseitige(re) Ende **23 a** der schaufelseitigen Öffnung **25** der Nuten weiter von der Drehachse beabstandet ist als das zweite, saugseitige(re) Ende **24a**.

[0047] Auch bei der Ausführung der **Fig. 4** können eines oder mehrere der mit Bezug auf **Fig. 1- Fig. 3** erläuterten Merkmale, insbesondere also die Hinterschneidung **26** bzw. der halbherzartige Querschnitt (vgl. **Fig. 3**), die ansteigende vordere Flanke **21**, die ansteigende hintere Flanke **22**, deren konvexe Abrundung **27** (vgl. **Fig. 1**) und/oder das Hervorstehen der schaufelseitigen Öffnung **25** gegenüber der Saug- und Druckseite **12**, **11** (vgl. **Fig. 2**) entfallen, da bereits durch die Nuten als solche und insbesondere jedes dieser Merkmale für sich eine Teilspaltströmung behindert und/oder umgelenkt und so die Performance verbessert werden kann. Umgekehrt kann in einer Abwandlung auch die Einzelnut der Ausführung der **Fig. 1-3** wie in **Fig. 4** gezeigt geneigt sein.

[0048] Wie in **Fig. 1** gestrichelt angedeutet, kann zusätzlich oder alternativ auch die zweite Wandung **2** entsprechende Nuten aufweisen.

[0049] Zu den übrigen, nicht dargestellten Leitschaufeln wird auf die vorhergehende Beschreibung Bezug genommen, da diese in einer Ausführung dieselbe Konfiguration, insbesondere die Wandungen entsprechende, diesen Leitschaufeln zugeordnete Nuten, aufweisen.

[0050] 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

1	erste, radial innere Wandung
2	zweite, radial äußere Wandung
10	Schaufelblatt
11	Druckseite
12	Saugseite
13	Wandung 1 zugewandte Stirnseite des Schaufelblattes
14	Hinterkante
21	vordere Flanke
21a	vordere Öffnungsseite
22	hintere Flanke
22a	hintere Öffnungsseite
23	erstes, druckseitige(re)s Nutende
23a	erstes, druckseitige(re)s Öffnungsende
24	zweites, saugseitige(re)s Nutende
24a	zweites, saugseitige(re)s Öffnungsende
25	schaufelseitige Öffnung
26	Hinterschneidung
27	Abrundung
D	Drehachse
T	Teilspalt

Patentansprüche

1. Leitschaukelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit wenigstens einer um eine Drehachse (D) verstellbaren Leitschaukel, deren Schaufelblatt (10) zwischen einer ersten Wandung (1) und einer zweiten Wandung (2) angeordnet ist und eine Druckseite (11) und eine in einer Umfangsrichtung darauffolgende Saugseite (12) aufweist, wobei wenigstens eine dieser Wandungen eine dieser Leitschaukel zugeordnete erste Nut aufweist, die eine hintere Flanke (22) und eine drehachsnähere vordere Flanke (21) aufweist, welche durch ein erstes Ende (23) und ein in der Umfangsrichtung darauffolgendes zweites Ende (24) der ersten Nut miteinander verbunden sind, und wobei in wenigstens einer Stellung der Leitschaukel, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaukel und/oder im Auslegungsbetriebspunkt, eine schaufelseitige Öffnung (25) der ersten Nut und eine Projektion einer dieser Wandung zugewandten

und von ihr beabstandeten Stirnseite (13) des Schaufelblattes der Leitschaukel in Richtung der Drehachse auf diese Wandung einander wenigstens teilweise überdecken.

2. Leitschaukelanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Wandung wenigstens eine weitere der Leitschaukel zugeordnete, von der ersten Nut beabstandete, Nut aufweist, die eine hintere und eine drehachsnähere vordere Flanke aufweist, die durch ein erstes und ein in der Umfangsrichtung darauffolgendes zweites Ende der weiteren Nut miteinander verbunden sind, wobei in der wenigstens einen Stellung der Leitschaukel, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaukel und/oder im Auslegungsbetriebspunkt, eine schaufelseitige Öffnung (25) dieser weiteren Nut und die Projektion der Stirnseite einander wenigstens teilweise überdecken.

3. Leitschaukelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder wenigstens eine weitere Nut derart ausgebildet ist, dass ein Einstromen von Fluid in einen Teilspalt (T) zwischen der Stirnseite des Schaufelblattes der Leitschaukel und der ihr zugewandten Wandung in wenigstens einem Betriebspunkt, insbesondere dem Auslegungsbetriebspunkt, behindert, insbesondere blockiert, und/oder aus dem Teilspalt (T) und/oder der Nut ausströmendes Fluid zu einer Hinterkante (14) der Leitschaukel hin umgelenkt wird.

4. Leitschaukelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Ende der ersten Nut und/oder der wenigstens einen weiteren Nut wenigstens eine Hinterschneidung (26), insbesondere die erste und/oder wenigstens eine weitere Nut wenigstens abschnittsweise einen halbherzartigen Querschnitt, aufweist.

5. Leitschaukelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vordere und/oder hintere Flanke der ersten Nut und/oder der wenigstens einen weiteren Nut wenigstens abschnittsweise mit zunehmendem Abstand zur Drehachse zur schaufelseitigen Öffnung dieser Nut hin ansteigen.

6. Leitschaukelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hintere Flanke der ersten Nut und/oder der wenigstens einen weiteren Nut an der schaufelseitigen Öffnung dieser Nut konvex ist, insbesondere eine Abrundung (27) aufweist.

7. Leitschaukelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erstes Ende (23a) der schaufelseitigen Öff-

nung der ersten Nut und/oder der wenigstens einen weiteren Nut mindestens so weit von der Drehachse beabstandet ist wie ein in der Umfangsrichtung darauffolgendes zweites Ende (24a) der schaufelseitigen Öffnung dieser Nut, insbesondere weiter als das zweite Ende.

8. Leitschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der wenigstens einen Stellung der Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaufel und/oder im Auslegungsbetriebpunkt, die schaufelseitige Öffnung (25) der ersten Nut und/oder der wenigstens einen weiteren Nut gegenüber der Saug- und/oder Druckseite der Stirnseite des Schaufelblattes der Leitschaufel hervorsteht.

9. Leitschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der wenigstens einen Stellung der Leitschaufel, insbesondere über wenigstens ein Viertel eines Verstellbereichs der Leitschaufel und/oder im Auslegungsbetriebpunkt, ein minimaler Abstand zwischen der schaufelseitigen Öffnung (25) der ersten Nut und einem stromaufwärtigen Anfang der Stirnseite (13) des Schaufelblattes (10) der Leitschaufel höchstens 25% eines minimalen Abstands zwischen diesem Anfang und einer Hinterkante (14) der Stirnseite beträgt.

10. Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit wenigstens einer Leitschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Verfahren zum Betreiben einer Leitschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leitschaufel um die Drehachse (D) in eine Stellung verstellt wird, in der die schaufelseitige Öffnung (25) der ersten Nut der Wandung und die Projektion der Stirnseite (13) des Schaufelblattes (10) der Leitschaufel in Richtung der Drehachse (D) auf diese Wandung (1, 2) einander wenigstens teilweise überdecken.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

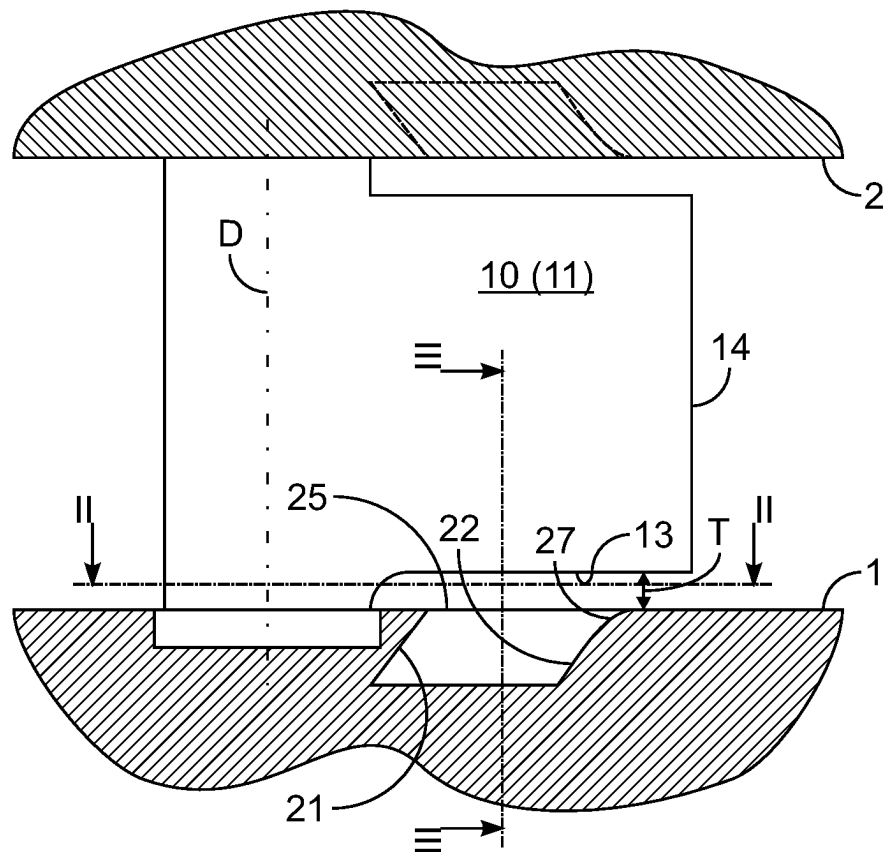


Fig. 2

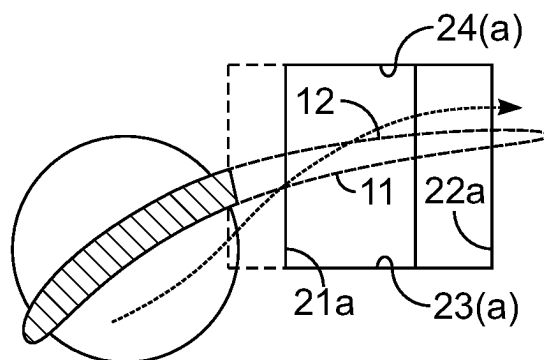


Fig. 3

