

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. Februar 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/019282 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**F01D 9/02** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/060320

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. August 2008 (06.08.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 037 070.0 6. August 2007 (06.08.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ALSTOM Technology Ltd** [CH/CH]; Brown Boveri  
Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STEIGER, Ulrich** [CH/CH]; Im Rüteli 9, CH-5406 Baden (CH).  
**HOFMANN, Willy Heinz** [DE/CH]; Steinstrasse 30E,  
CH-5406 Baden (CH).

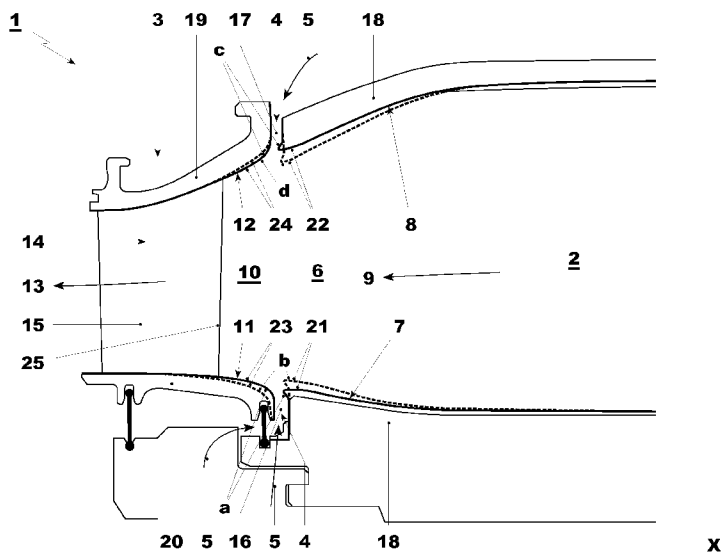
(74) Gemeinsamer Vertreter: **ALSTOM Technology Ltd**;  
CHTI Intellectual Property, Brown Boveri Strasse 7/664/2,  
CH-5401 Baden (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS TURBINE INSTALLATION

(54) Bezeichnung: GASTURBINENANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a gas turbine installation (1) in particular for a power station, comprising a combustion chamber (2) which radially bounds a combustion chamber gas path (9) at least in an annular outlet area (6) with a chamber inner wall (7) and with a chamber outer wall (8), a turbine (3), which radially bounds a turbine gas path (13) at least in a stationary, annular inlet area (10) with a turbine inner wall (11) and with a turbine outer wall (12), a gap (4; 16; 17) which is provided radially on the inside and/or radially on the outside axially between the combustion chamber (2) and the turbine (3) and at which the inner and/or outer chamber wall (7, 8) and the inner and/or outer turbine wall (11, 12) end/ends, and a cooling gas supply (5) which introduces a

cooling gas through the gap (4; 16; 17) into the turbine gas path (13) and/or into the combustion chamber gas path (9). In order to increase the efficiency of the gas turbine installation (1), an end section (21, 22, 23, 24), which is adjacent to the gap (4; 16; 17), of the respective turbine wall (11, 12) and/or of the respective chamber wall (7, 8) is shaped radially on the inside and/or radially on the outside such that positive steps (a, c), in the case of which the respective downstream wall (11, 12) projects with respect to the respective upstream wall (7, 8) radially into the respective gas path (9, 13), and negative steps (b, d), in the case of which the respective upstream wall (7, 8) projects radially into the respective gas path (9, 13) with respect to the respective downstream wall (11, 12), alternates in the circumferential direction on the gap (4; 16; 17).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage (1), insbesondere für eine Kraftwerksanlage, umfassend eine Brennkammer (2), die zumindest in einem ringförmigen Austrittsbereich (6) mit einer Kammerinnenwand (7) und mit einer Kammeraußenwand (8) einen Brennkammergaspfad (9) radial begrenzt, eine Turbine (3), die zumindest in einem stationären, ringförmigen Eintrittsbereich (10)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

mit einer Turbineninnenwand (11) und mit einer Turbinenaußenwand (12) einen Turbinengaspfad (13) radial begrenzt, einen radial innen und/oder radial außen axial zwischen der Brennkammer (2) und der Turbine (3) vorhandenen Spalt (4; 16, 17), an dem die innere und/oder äußere Kammerwand (7, 8) und die innere und/oder äußere Turbinenwand (11, 12) enden, und eine Kühlgaszuführung (5), die über den Spalt (4; 16, 17) ein Kühlgas in den Turbinengaspfad (13) und/oder in den Brennkammergaspfad (9) einbringt. Um den Wirkungsgrad der Gasturbinenanlage (1) zu erhöhen, ist radial innen und/oder radial außen ein an den Spalt (4; 16, 17) angrenzender Endabschnitt (21, 22, 23, 24) der jeweiligen Turbinenwand (11, 12) und/oder der jeweiligen Kammerwand (7, 8) so geformt, dass sich in Umfangsrichtung am Spalt (4; 16, 17) positive Stufen (a, c), bei denen die jeweilige stromab liegende Wand (11, 12) gegenüber der jeweiligen stromauf liegenden Wand (7, 8) in den jeweiligen Gaspfad (9, 13) hineinragend radial vorsteht, und negative Stufen (b, d) abwechseln, bei denen die jeweilige stromauf liegende Wand (7, 8) gegenüber der jeweiligen stromab liegenden Wand (11, 12) in den jeweiligen Gaspfad (9, 13) hineinragend radial vorsteht.

5

## **Gasturbinenanlage**

### **Technisches Gebiet**

10

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage, insbesondere für eine Kraftwerksanlage.

15

### **Stand der Technik**

Eine derartige Gasturbinenanlage umfasst üblicherweise eine Brennkammer, die zumindest in einem ringförmigen Austrittsbereich mit einer Kammerinnenwand und mit einer Kammeraußenwand einen Brennkammergaspfad radial begrenzt.

20 Ferner umfasst eine solche Gasturbinenanlage üblicherweise eine Turbine, die zumindest in einem stationären ringförmigen Eintrittsbereich mit einer Turbineninnenwand und mit einer Turbinenaußenwand einen Turbinengaspfad radial begrenzt. Um bei transienten Betriebszuständen der Gasturbinenanlage überhöhte Bauteilspannungen zu vermeiden, kann die Gasturbinenanlage

25 außerdem mit einem radial innen und/oder radial außen axial zwischen der Brennkammer und der Turbine verlaufenden Spalt ausgestattet sein, an dem die innere und/oder äußere Kammerwand und die innere und/oder äußere Turbinenwand enden. Zur Vermeidung eines Eintrags heißer Arbeitsgase in diesen Spalt kann zweckmäßigerweise außerdem eine Kühlgaszuführung

vorgesehen sein, die über den Spalt ein Kühlgas in den Turbinengaspfad und/oder in den Brennkammergaspfad einbringt.

Die Zuführung von Kühlgas zum Arbeitsgas der Gasturbinenanlage reduziert  
5 jedoch direkt deren Leistung und deren Wirkungsgrad. Es ist daher anzustreben, möglichst wenig Kühlgas zu verwenden.

Aus der US 6,283,713 B1 und aus der GB 2,281,356 A sind Gasturbinen bekannt, bei denen zumindest bei einer Leitschaufelreihe die radial  
10 innenliegenden Plattformen der einzelnen Leitschaufeln so konturiert sind, dass sich in Umfangsrichtung ein wellenförmiger Oberflächenverlauf ergibt. Hierdurch kann der statische Druck im Arbeitsgas dahingehend beeinflusst werden, dass sich im Idealfall unmittelbar stromab der Leitschaufelreihe in Umfangsrichtung ein im wesentlichen konstanter statischer Druck einstellt.

15

Aus der US 2006/0034689 A1 ist eine Gasturbine bekannt, bei der eine Leitschaufelreihe an ihrer Anströmseite eine Vielzahl radial in den Gaspfad hineinragender Strömungsleitelemente aufweist. Mit Hilfe dieser Strömungsleitelemente kann eine die Schaufelspitzen stromauf angeordneter  
20 Laufschaufeln umströmende Leakageströmung reduziert bzw. in axialer Richtung umgelenkt werden, um so den Wirkungsgrad der Gasturbine zu erhöhen.

### **Darstellung der Erfindung**

25

Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Gasturbinenanlage der eingangs genannten Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch einen erhöhten Wirkungsgrad auszeichnet.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

5

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, durch eine gezielte Positionierung einander in Umfangsrichtung abwechselnder positiver und negativer Stufen entlang des Spalts eine die Kühlgasströmung beeinflussende Druckverteilung im Spalt zu erzielen. Diese Druckverteilung lässt sich dabei  
10 gezielt so einrichten, dass Bereiche mit erhöhtem Kühlbedarf mit einem höheren Kühlgasstrom beaufschlagt werden als Bereiche mit einem kleineren Kühlbedarf. Hierdurch kann die insgesamt erforderliche Kühlgasmenge reduziert werden, was letztlich den Wirkungsgrad der Gasturbinenanlage erhöht.

15 Um die in Umfangsrichtung einander abwechselnden positiven und negativen Stufen realisieren zu können, ist die Brennkammerwand bzw. die Turbinenwand in dem an den Spalt angrenzenden Endabschnitt entsprechend konturiert.

Die in Umfangsrichtung variierenden Konturen der jeweiligen Kammerwand und  
20 der jeweiligen Turbinenwand im Bereich des radial innenliegenden Spalts und/oder im Bereich des radial außenliegenden Spalts können anhand unterschiedlicher Kriterien ausgewählt und ausgelegt sein. Beispielsweise kann zur Auslegung der in der Umfangsrichtung abwechselnden Anordnung positiver und negativer Stufen am Spalt eine in der Umfangsrichtung vorliegende  
25 Verteilung von einander abwechselnden Druckseiten und Saugseiten von Leitschaufeln einer im stationären Eintrittsbereich angeordneten Leitschaufelreihe herangezogen werden. Bei dieser im Eintrittsbereich angeordneten Leitschaufelreihe handelt es sich üblicherweise um die sogenannte „erste Leitschaufelreihe“. Die Druckseiten und Saugseiten der Leitschaufeln bewirken

auch stromauf bis zum Spalt variierende Drücke in Umfangsrichtung, die sich auf den Kühlgasstrom im Spalt auswirken können. Durch eine entsprechende Berücksichtigung der Druckseiten und Saugseiten bei der Dimensionierung und Positionierung der Stufen entlang des Spalts lassen sich diese nachteiligen

5 Einflüsse reduzieren.

Des weiteren ist es zusätzlich oder alternativ möglich, eine Abhängigkeit von im Betrieb der Gasturbinenanlage entstehenden, in der Umfangsrichtung beabstandet aufeinander folgenden, sich stromauf ausbreitenden Bugwellen von

10 Leitschaufeln einer im stationären Eintrittsbereich angeordneten Leitschaufelreihe zu berücksichtigen. Auch derartige Bugwellen können sich bis zum Spalt ausbreiten und können dort die Druckverteilung beeinflussen. Durch die Berücksichtigung dieser Bugwellenverteilung lassen sich deren negative Einflüsse auf die Kühlgasströmung reduzieren.

15

Zusätzlich oder alternativ kann bei der Auslegung der Stufen am Spalt auch eine sich im Betrieb der Gasturbinenanlage am oder im Austrittsbereich der Brennkammer einstellende, in der Umfangsrichtung variierende Druckverteilung berücksichtigt werden. Es hat sich gezeigt, dass im Austrittsbereich der

20 Brennkammer in der Umfangsrichtung unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten bzw. variierende Drücke auftreten können. Die sich im stationären Betrieb der Gasturbine einstellende Druckverteilung bzw. Geschwindigkeitsverteilung kann dabei stationär sein und könnte beispielsweise bei einer Mehrbrenner-Brennkammer auf die in der Umfangsrichtung verteilt

25 angeordneten Brenner zurückzuführen sein. Die im Austrittsbereich der Brennkammer in der Umfangsrichtung variierenden Drücke beeinflussen ebenfalls den Kühlgasstrom durch den Spalt. Durch eine entsprechende Berücksichtigung der Druckverteilung im Austrittsbereich der Brennkammer kann der nachteilige Einfluss auf die Kühlgasströmung reduziert werden.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

5

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

10

Die einzige Fig. 1 zeigt einen stark vereinfachten Axialschnitt einer Gasturbinenanlage im Bereich eines Spalts zwischen einer Brennkammer und einer Turbine.

15

### **Wege zur Ausführung der Erfindung**

Entsprechend Fig. 1 umfasst eine Gasturbinenanlage 1, die bevorzugt in einer Kraftwerksanlage, also stationär verwendet wird, eine Brennkammer 2 und eine Turbine 3, zwischen denen ein axialer Spalt 4 angeordnet ist. Ferner ist eine durch Pfeile angedeutete Kühlgaszuführung 5 vorgesehen. Als Bezug für die radiale und axiale Orientierung ist in Fig. 1 eine Längsmittelachse oder Rotationsachse X eingetragen.

25

Die Brennkammer 2 weist zumindest in einem ringförmigen Austrittsbereich 6 eine Kammerinnenwand 7 und eine Kammeraußenwand 8 auf, die zusammen einen durch einen Pfeil angedeuteten Brennkammergaspfad 9 radial begrenzen. Die Turbine 3 weist zumindest in einem stationären, also statorseitigen,

ringförmigen Eintrittsbereich 10 eine Turbineninnenwand 11 und eine Turbinenaußenwand 12 auf, die zusammen einen durch einen Pfeil angedeuteten Turbinengaspfad 13 radial begrenzen. Ferner kann die Turbine 3 im stationären Eintrittsbereich 10 üblicherweise eine Leitschaufelreihe 14 mit mehreren, in der  
5 Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufeln 15 aufweisen. Da diese Leitschaufelreihe 14 die erste von den Heißgasen der Brennkammer 2 angeströmte Schaufelreihe ist, wird sie üblicherweise auch als erste Leitschaufelreihe 14 bezeichnet.

10 Der Spalt 4 besteht im gezeigten Beispiel aus einem radial innenliegenden Spalt 16 und einem radial außenliegenden Spalt 17. Der radial innenliegende Spalt 16 wird im folgenden auch als innerer Spalt 16 oder Innenspalt 16 bezeichnet. Entsprechend dazu wird im folgenden der radial außenliegende Spalt 17 auch als  
äußerer Spalt 17 oder Außenspalt 17 bezeichnet. Am inneren Spalt 16 enden die  
15 Kammerinnenwand 7 und die Turbineninnenwand 11 jeweils axial. Am äußeren Spalt 17 enden die Kammeraußenwand 8 und die Turbinenaußenwand 12 jeweils axial.

Die Kühlgaszuführung 5 ist so ausgestaltet, dass sie über den Spalt 4 bzw. über  
20 den jeweiligen Teilspalt 16 bzw. 17 ein Kühlgas in den Turbinengaspfad 13 bzw. in den Brennkammerergaspfad 9 einbringt. Die Einbringung von Kühlgas in den Spalt 4 dient dabei zur Vermeidung eines Eintritts von Heißgasen aus dem Brennkammergaspfad 9 bzw. aus dem Turbinengaspfad 13 durch den Spalt 4 in die Bereiche hinter den jeweiligen Kammerwänden 7, 8 bzw. Turbinenwänden  
25 11, 12.

Die Turbinenwände 7, 8 können beispielsweise durch Hitzeschildelemente bzw. durch sogenannten Liner 18 gebildet sein. Die Turbinenwände 11, 12 können

durch Plattformen 19 und 20, die am jeweiligen Schaufelfuß radial außen und innen ausgebildet sind, gebildet sein.

Um den Kühlgasbedarf zu reduzieren, sind erfindungsgemäß am Spalt 4 radial  
5 innen und/oder radial außen, also am Innenspalt 16 und/oder am Außenspalt 17  
sich in Umfangsrichtung abwechselnde positive und negative Stufen in axialer  
Richtung ausgebildet. Erreicht wird dies durch eine entsprechende Formgebung  
eines an den jeweiligen Spalt 4 bzw. 16 oder 17 angrenzenden Endabschnitts der  
jeweiligen Turbinenwand 11, 12 bzw. der jeweiligen Kammerwand 7, 8. Ein  
10 Endabschnitt der Kammerinnenwand 7 ist mit 21 bezeichnet, ein Endabschnitt  
der Kammeraußenwand 8 ist mit 22 bezeichnet, ein Endabschnitt der  
Turbineninnenwand 11 ist mit 23 bezeichnet und ein Endabschnitt der  
Turbinenaußenwand 12 ist mit 24 bezeichnet. In der Schnittebene liegende  
Bereiche der Endabschnitte 21 bis 24 sind mit durchgezogenen Linien  
15 dargestellt, während versetzt dazu angeordnete Bereiche der Endabschnitte 21  
bis 24 mit unterbrochenen Linien dargestellt sind. Ferner sind die genannten  
Stufen mit den Kleinbuchstaben a bis d bezeichnet. Dabei bezeichnet a eine am  
Innenspalt 16 ausgebildete positive Stufe, während b eine am Innenspalt 16  
ausgebildete negative Stufe bezeichnet. Eine positive Stufe am Außenspalt 17 ist  
20 mit c bezeichnet, während mit d eine negative Stufe am Außenspalt 17  
bezeichnet ist. Eine positive Stufe a, c liegt dann vor, wenn die jeweilige stromab  
liegende Wand 11, 12 gegenüber der jeweiligen stromauf liegenden Wand 7, 8 in  
den jeweiligen Gaspfad 9, 13 hineinragend radial vorsteht. Im Unterschied dazu  
liegt eine negative Stufe b, d vor, wenn die jeweilige stromauf liegende Wand 7, 8  
25 gegenüber der jeweiligen stromab liegenden Wand 11, 12 in den jeweiligen  
Gaspfad 9, 13 hineinragend radial vorsteht.

Grundsätzlich kann es ausreichend sein, wenn nur am Innenspalt 16 oder nur am  
Außenspalt 17 die in Umfangsrichtung abwechselnde Abfolge positiver und

negativer Stufen a, b bzw. c, d realisiert wird. Gezeigt ist jedoch die Variante, bei der sowohl radial innen als auch radial außen am Spalt 4 die in Umfangsrichtung abwechselnde Abfolge positiver und negativer Stufen a bis d realisiert ist.

- 5 Am radial innenliegenden Spalt 16 kann die positive Stufe a beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Brennkammerinnenwand 7 in dem an den Spalt 4 bzw. an den Innenspalt 16 angrenzenden Endabschnitt 21 im Bereich der positiven Stufe a relativ zu den in der Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe a angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft. Die innere  
10 positive Stufe a kann somit z.B. ausschließlich durch eine Konturierung der Kammerinnenwand 7 in deren Endabschnitt 21 realisiert werden.

- Zusätzlich oder alternativ lässt sich die innere positive Stufe a dadurch realisieren, dass die Turbineninnenwand 11 im zugehörigen Endabschnitt 23 im  
15 Bereich der positiven Stufe a relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe a angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verläuft. Auf diese Weise kann die positive Stufe a grundsätzlich ausschließlich durch eine entsprechende Konturierung der Turbineninnenwand 11 im Endabschnitt 23 realisiert werden.

- 20 Bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei der sowohl eine variierende Kontur an der Brennkammerinnenwand 7 im Bereich des Endabschnitts 21 als auch eine variierende Kontur der Turbineninnenwand 11 im Bereich des Endabschnitts 23 zusammenwirken, um die gewünschte positive Stufe a am  
25 Innenspalt 16 auszubilden.

Für die am Innenspalt 16 ausgebildete negative Stufe b gelten entsprechende Konfigurationsmöglichkeiten. Diese negative Stufe b kann dadurch realisiert werden, dass die Brennerinnenwand 7 in dem an den Innenspalt 16

- angrenzenden Endabschnitt im Bereich der negativen Stufe b relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe b angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verläuft. Die negative Stufe b kann auch dadurch realisiert werden, dass die Turbineninnenwand 11 in dem an den Innenspalt 16
- 5 angrenzenden Endabschnitt 23 im Bereich negativen Stufen b relativ zu dem in der Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe b angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft. Ebenso kann die negative Stufe b durch eine Kombination der vorstehenden Maßnahmen realisiert sein.
- 10 Entsprechendes gilt nun auch für den Außenspalt 17. Um dort die positive Stufe c zu realisieren, kann die Brennkammeraußenwand 8 in dem an den Außenspalt 17 angrenzenden Endabschnitt 22 im Bereich der positiven Stufe c relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe c angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verlaufen. Ebenso kann die positive Stufe c am
- 15 Außenspalt 17 dadurch realisiert werden, dass die Turbinenaußenwand 12 in dem an den Außenspalt 17 angrenzenden Endabschnitt 24 im Bereich der positiven Stufe c relativ zu den in der Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe c angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft. Bevorzugt wird jedoch eine Kombination der beiden vorstehend genannten Maßnahmen.
- 20 Analog dazu kann am Außenspalt 17 die negative Stufe d beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Brennkammeraußenwand 8 in dem an den Außenspalt 17 angrenzenden Endabschnitt 22 im Bereich der negativen Stufe d relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe d
- 25 angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft. Ebenso kann die negative Stufe d am Außenspalt 17 dadurch realisiert werden, dass die Turbinenaußenwand 12 in dem an den Außenspalt 17 angrenzenden Endabschnitt 24 im Bereich der negativen Stufe d relativ zu den in der Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe d angrenzenden Bereichen

radial nach außen versetzt verläuft. Es ist klar, dass auch hier bevorzugt eine Kombination der beiden vorstehenden Maßnahmen realisiert wird, um die jeweilige negative Stufe d am Außenspalt 17 auszubilden.

- 5 In Fig. 1 sind die Abweichungen der Kontur an den jeweiligen Wänden 7, 8, 11, 12 übertrieben dargestellt, um ihre Erkennbarkeit für die vorliegende Beschreibung zu verbessern.

10 In der Umfangsrichtung können sich somit an der jeweiligen Wand 7, 8, 11, 12 im Bereich des jeweiligen Endabschnitts 21, 22, 23, 24 bezüglich des jeweiligen Gaspfads 9, 13 konvexe und konkave Bereiche abwechseln, die jedoch stufenlos ineinander übergehen.

15 Für die Auslegung, insbesondere für die Dimensionierung und Positionierung, der positiven und negativen Stufen a, b, c, d, ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten, die jeweils alternativ oder ganz oder teilweise kumulativ anwendbar sind. Im folgenden werden exemplarisch einige Kriterien näher erläutert, die bei der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage 1 separat oder insgesamt oder in beliebiger Kombination realisiert sein können.

20

Beispielsweise kann die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen a, b, c, d in Abhängigkeit eines Kühlbedarfs ausgebildet sein, der sich im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 am jeweiligen Spalt 4 bzw. am Innenspalt 16 und/oder am Außenspalt 17 einstellt und der insbesondere in der Umfangsrichtung variieren kann. Dabei ist klar, dass dieser Kühlbedarfsverlauf im 25 Spalt 16, 17 bei einem stationären Betriebszustand der Gasturbinenanlage 1 im wesentlichen stationär vorliegt. Um in einem Umfangssegment, das einen erhöhten Kühlbedarf besitzt, den Kühlgasstrom zu erhöhen, kann in diesem Bereich eine negative Stufe b, d vorgesehen werden. Durch die sich im Spalt 4

einer solchen negativen Stufe b, d einstellenden Druckverhältnisse lässt sich gezielt eine Druckabsenkung und somit eine Beschleunigung bzw. eine höhere Strömungsgeschwindigkeit für das Kühlgas realisieren. Im Unterschied dazu kann bei Umfangssegmenten, bei denen ein reduzierter Kühlgasstrom ausreicht, 5 eine positive Stufe a, c realisiert werden, die zu einer Druckerhöhung und somit zu einer Abbremsung bzw. zu einer reduzierten Strömungsgeschwindigkeit im Kühlgas führt.

Im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 kommt es im Bereich des Spalts 4 zu 10 anderen dynamischen Effekten, welche den Druckverlauf in Umfangsrichtung des Spalts 4 ungleichförmig beeinflussen können. Diese Randbedingungen können bei der Auslegung der Stufenverteilung entlang des Spalts 4 entsprechend berücksichtigt werden.

15 Beispielsweise kann für die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen a, b, c, d eine in der Umfangsrichtung vorliegende Verteilung von Druckseiten und Saugseiten der Leitschaufeln 15 der ersten Leitschaufelreihe 14 berücksichtigt werden. Diese Druckseiten und Saugseiten wechseln sich dabei in der Umfangsrichtung ab und ergeben sich aus der 20 Profilierung der Leitschaufeln 15. In der Umfangsrichtung einander abwechselnden Druckseiten und Saugseiten beeinflussen den Druck im jeweiligen Gaspfad 9, 13 auch in Gegenstromrichtung und zwar zumindest bis zum Spalt 4. Durch eine entsprechende Berücksichtigung dieser Verteilung der Druckseiten und Saugseiten bei der Auslegung der Stufen am Spalt 4 kann deren 25 Einfluss entsprechend reduziert bzw. zur Einstellung der gewünschten Kühlgasverteilung genutzt werden.

Im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 können sich außerdem an den Anströmkanten der Leitschaufeln 15 der ersten Leitschaufelreihe 14 sogenannten

Bugwellen ausbilden, die sich entgegen der Strömungsrichtung ausbreiten und zumindest bis zum Spalt 4 gelangen können. Derartige Bugwellen führen ebenfalls zu einer stationären Beeinflussung der Druckverteilung in Umfangsrichtung im Spalt 4. Durch eine entsprechende Berücksichtigung der Bugwellenverteilung bei der Auslegung der Stufen a bis d lässt sich dieser Effekt  
5 reduzieren bzw. für die gewünschte Kühlung nutzen.

Des weiteren können im Betrieb der Brennkammer 2 in deren Gaspfad 9 Strömungsverhältnisse entstehen, die in der Umfangsrichtung zumindest im Austrittsbereich 6 variierende Strömungsgeschwindigkeiten bzw. variierende  
10 Drücke erzeugen. Dabei kann diese in Umfangsrichtung variierende Druckverteilung in einem stationären Betriebszustand der Gasturbinenanlage 1 stationär sein. Dementsprechend kann auch hier der Einfluss einer durch den Betrieb der Brennkammer 2 erzeugten Druckverteilung im Spalt 4 durch  
15 geeignete Auslegung der Stufen a bis d reduziert bzw. für die gewünschte Kühlgasverteilung genutzt werden.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen Maßnahmen, die separat oder beliebig kumuliert realisierbar sind, zeichnen sich dadurch aus, dass damit eine  
20 signifikante Beeinflussung der Kühlgasströmung im Spalt 4 realisierbar ist, ohne dass dabei die den heißen Arbeitsgasen ausgesetzte Oberfläche der Brennkammer 2 bzw. der Turbine 3 merklich vergrößert wird. Eine vergrößerte Oberfläche, wie sie beispielsweise durch in den Gaspfad hineinragende Strömungsleitelemente realisiert wird, erhöht gleichzeitig den Kühlbedarf für die  
25 Strömungsleitelemente und ist insoweit nachteilig.

**Bezugszeichenliste**

|    |    |                                           |
|----|----|-------------------------------------------|
|    | 1  | Gasturbinenanlage                         |
| 5  | 2  | Brennkammer                               |
|    | 3  | Turbine                                   |
|    | 4  | Spalt                                     |
|    | 5  | Kühlgaszuführung                          |
|    | 6  | Austrittsbereich der Brennkammer          |
| 10 | 7  | Brennkammerinnenwand                      |
|    | 8  | Brennkammeraußenwand                      |
|    | 9  | Brennkammerngaspfad                       |
|    | 10 | Eintrittsbereich der Turbine              |
|    | 11 | Turbineninnenwand                         |
| 15 | 12 | Turbinenaußenwand                         |
|    | 13 | Turbinengaspfad                           |
|    | 14 | Leitschaufelreihe                         |
|    | 15 | Leitschaufel                              |
|    | 16 | Innenspalt                                |
| 20 | 17 | Außenspalt                                |
|    | 18 | Hitzeschildelement                        |
|    | 19 | äußere Plattform der Turbinenleitschaufel |
|    | 20 | innere Plattform der Turbinenleitschaufel |
|    | 21 | Endabschnitt von 7                        |
| 25 | 22 | Endabschnitt von 8                        |
|    | 23 | Endabschnitt von 11                       |

|    |    |                                 |
|----|----|---------------------------------|
|    | 24 | Endabschnitt von 12             |
|    | 25 | Vorderkante der Leitschaukel    |
|    | a  | positive Stufe bei 16           |
| 5  | b  | negative Stufe bei 16           |
|    | c  | positive Stufe bei 17           |
|    | d  | negative Stufe bei 17           |
|    | X  | Längsmittelachse/Rotationsachse |
| 10 |    |                                 |

### Patentansprüche

1. Gasturbinenanlage, insbesondere für eine Kraftwerksanlage,
- 5    - mit einer Brennkammer (2), die zumindest in einem ringförmigen Austrittsbereich (6) mit einer Kammerinnenwand (7) und mit einer Kammeraußenwand (8) einen Brennkammergaspfad (9) radial begrenzt,
- mit einer Turbine (3), die zumindest in einem stationären, ringförmigen Eintrittsbereich (10) mit einer Turbineninnenwand (11) und mit einer
- 10    Turbinenaußenwand (12) einen Turbinengaspfad (13) radial begrenzt,
- mit einem radial innen und/oder radial außen axial zwischen der Brennkammer (2) und der Turbine (3) vorhandenen Spalt (4; 16, 17), an dem die innere und/oder äußere Kammerwand (7, 8) und die innere und/oder äußere Turbinenwand (11, 12) enden,
- 15    - mit einer Kühlgaszuführung (5), die über den Spalt (4; 16, 17) ein Kühlgas in den Turbinengaspfad (13) und/oder in den Brennkammergaspfad (9) einbringt,
- wobei radial innen und/oder radial außen ein an den Spalt (4; 16, 17) angrenzender Endabschnitt (21, 22, 23, 24) der jeweiligen Turbinenwand (11, 12) und/oder der jeweiligen Kammerwand (7, 8) so geformt ist, dass sich in
- 20    Umfangsrichtung am Spalt (4; 16, 17) positive Stufen (a, c), bei denen die jeweilige stromab liegende Wand (11, 12) gegenüber der jeweiligen stromauf liegenden Wand (7, 8) in den jeweiligen Gaspfad (9, 13) hineinragend radial vorsteht, und negative Stufen (b, d) abwechseln, bei denen die jeweilige stromauf liegende Wand (7, 8) gegenüber der jeweiligen stromab liegenden
- 25    Wand (11, 12) in den jeweiligen Gaspfad (9, 13) hineinragend radial vorsteht.

2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen (a, b, c, d) in Abhängigkeit eines sich im Betrieb der Gasturbinenanlage

5 (1) am Spalt (4; 16, 17) einstellenden, in Umfangsrichtung variierenden Kühlbedarfs ausgewählt ist.

3. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

10 dass die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen (a, b, c, d) in Abhängigkeit einer in Umfangsrichtung vorliegenden Verteilung von einander abwechselnden Druckseiten und Saugseiten von Leitschaufeln (15) einer im stationären Eintrittsbereich (10) angeordneten (ersten) Leitschaufelreihe (14) ausgewählt ist.

15

4. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen (a, b, c, d) in Abhängigkeit von im Betrieb der Gasturbinenanlage (1)

20 entstehenden, in der Umfangsrichtung beabstandet aufeinander folgenden, sich stromauf ausbreitenden Bugwellen von Leitschaufeln (15) einer im stationären Einlassbereich (10) angeordneten (ersten) Leitschaufelreihe (14) ausgewählt ist.

5. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die in Umfangsrichtung abwechselnde Anordnung positiver und negativer Stufen (a, b, c, d) in Abhängigkeit einer sich im Betrieb der Gasturbinenanlage (1) an oder im Austrittsbereich (6) der Brennkammer (2) einstellenden, in der Umfangsrichtung variierenden Druckverteilung ausgewählt ist.

6. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass am Spalt (4; 16) radial innen eine positive Stufe (a) dadurch gebildet ist,

- 5 dass die Brennkammerinnenwand (7) in dem an den Spalt (4; 16) angrenzenden Endabschnitt (21) im Bereich der positiven Stufe (a) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe (a) angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft und/oder dass die Turbineninnenwand (11) in dem an den Spalt (4; 16) angrenzenden Endabschnitt (23) im Bereich der
- 10 positiven Stufe (a) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe (a) angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verläuft.

7. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

- 15 dass am Spalt (4; 16) radial innen eine negative Stufe (b) dadurch gebildet ist, dass die Brennkammerinnenwand (7) in dem an den Spalt (4; 16) angrenzenden Endabschnitt (6) im Bereich der negativen Stufe (b) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe (b) angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verläuft und/oder dass die Turbineninnenwand (11) in dem an den Spalt (4; 16) angrenzenden Endabschnitt (23) im Bereich der
- 20 negativen Stufe (b) relativ zu den in der Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe (b) angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft.

8. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

dass am Spalt (4; 17) radial außen eine positive Stufe (c) dadurch gebildet ist,

dass die Brennkammeraußenwand (8) in dem an den Spalt (4; 17) angrenzenden Endabschnitt (22) im Bereich der positiven Stufe (c) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe (c) angrenzenden Bereichen

radial nach außen versetzt verläuft und/oder dass die Turbinenaußenwand (12) in dem an den Spalt (4; 17) angrenzenden Endabschnitt (24) im Bereich der positiven Stufe (c) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die positive Stufe (c) angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft.

5

9. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8

**dadurch gekennzeichnet,**

dass am Spalt (4; 17) radial außen eine negative Stufe (d) dadurch gebildet ist, dass die Brennkammeraußenwand (8) in dem an den Spalt (4; 17) angrenzenden

10 Endabschnitt (22) im Bereich der negativen Stufe (d) relativ zu den in Umfangsrichtung beiderseits an die negative Stufe (d) angrenzenden Bereichen radial nach innen versetzt verläuft und/oder dass die Turbinenaußenwand (12) in dem an den Spalt (4; 17) angrenzenden Endabschnitt (24) im Bereich der negativen Stufe (b) relativ zu dem in Umfangsrichtung beiderseits an die negative  
15 Stufe (d) angrenzenden Bereichen radial nach außen versetzt verläuft.

10. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in Umfangsrichtung sämtliche Übergänge zwischen verschiedenen Stufen (a, b, c, d) zugeordneten Bereichen im jeweiligen Endabschnitt (21, 22, 23, 24) der Brennkammerinnenwand (7) und/oder der Brennkammeraußenwand (8) und/oder der Turbineninnenwand (11) und/oder der Turbinenaußenwand (12) stufenlos ausgestaltet sind.

25

\* \* \* \* \*

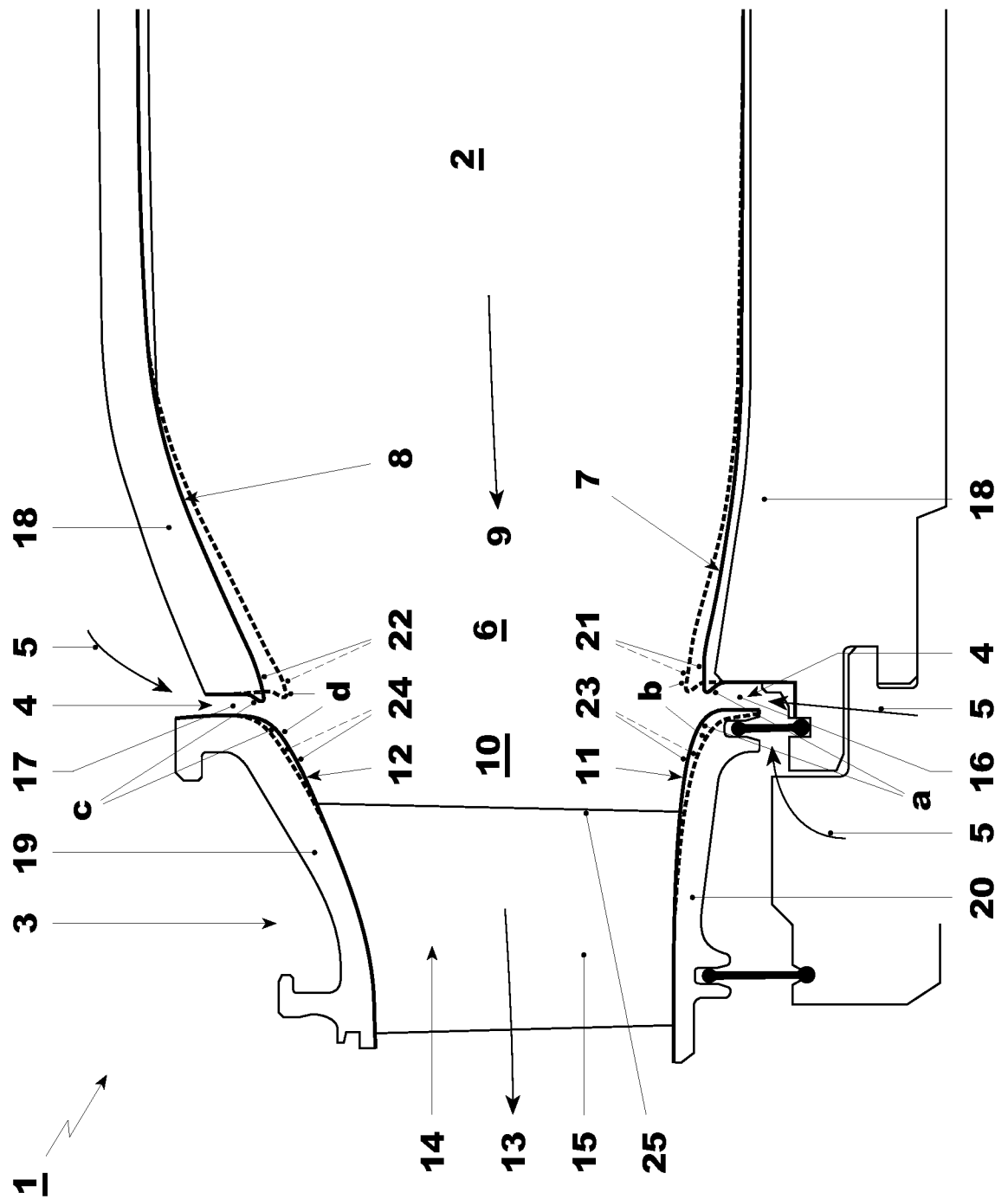


**FIG. 1**

**X**