



(11) **EP 3 144 540 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**10.05.2023 Patentblatt 2023/19**

(21) Anmeldenummer: **15185447.8**

(22) Anmeldetag: **16.09.2015**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 29/32<sup>(2006.01)</sup>**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 29/324; F04D 19/028; F04D 29/544;**  
**F05D 2220/323; F05D 2250/70**

(54) **GASTURBINEN-VERDICHTERSTUFE**

**GAS TURBINE COMPRESSOR STAGE**

**ÉTAGE DE COMPRESSEUR DE TURBINE À GAZ**

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.03.2017 Patentblatt 2017/12**

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

(72) Erfinder:  
• **Humhauser, Werner**  
**85368 Moosburg (DE)**  
• **Matzgeller, Roland**  
**85256 Vierkirchen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
• **H. GRIEB: "Projektierung von**  
**Turboflugtriebwerken", 22. November 2012**  
**(2012-11-22), Birkhäuser, XP002755942, ISBN:**  
**3034896271 \* Seiten 182-213 \***

**EP 3 144 540 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 Verdichterstufe für eine Gasturbine, eine Gasturbine mit wenigstens einer solchen Verdichterstufe, ein Flugtriebwerk mit einer solchen Gasturbine sowie ein Verfahren zur Auslegung einer solchen Verdichterstufe und ein Verfahren zur Auslegung eines Verdichters einer solchen Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks.

**[0002]** Bisher werden Verdichterstufen von Gasturbinen so ausgelegt, dass ihre Drosselziffer  $\sigma$  stets kleiner als 5,16 minus dem 1,33 fachen des durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe  $h$  und mittlerer Sehnenlänge  $l_{ax}$  definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  ist ( $\sigma \leq -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$ ).

**[0003]** H. GRIEB: "Projektierung von Turboflugtriebwerken" zeigt den Stand der Technik auf.

**[0004]** Insbesondere der Wunsch nach einer Reduzierung des Treibstoffverbrauchs führt jedoch zunehmend zu geometrisch kleinen Verdichtern mit hohem Wirkungsgrad und hoher aerodynamischer und mechanischer Belastung bei kleiner Baulänge.

**[0005]** Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, eine Gasturbine zu verbessern.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch eine Verdichterstufe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Ansprüche 3, 5 und 8 stellen eine Gasturbine mit einer hier beschriebenen Verdichterstufe, ein Flugtriebwerk mit einer hier beschriebenen Gasturbine bzw. ein Verfahren zur Auslegung eines Verdichters einer hier beschriebenen Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk-Gasturbine, unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0007]** Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden eine oder mehrere Verdichterstufen eines Verdichters oder je eine oder mehrere Verdichterstufen mehrerer Verdichter einer Gasturbine, insbesondere einer Flugtriebwerk-Gasturbine, die (jeweils) ein Laufgitter und ein Leitgitter aufweisen, aerodynamisch so ausgelegt, dass die Drosselziffer  $\sigma$  und das durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe  $h$  und mittlerer Sehnenlänge  $l_{ax}$  definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  (jeweils) der Bedingung

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

genügt.

**[0008]** Entsprechend genügen nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine oder mehrere Verdichterstufen für einen Verdichter oder eine oder mehrere Verdichterstufen für mehrere Verdichter einer Gasturbine, insbesondere einer Flugtriebwerk-Gasturbine, insbesondere eine oder mehrere Verdichterstufen eines Verdichters oder eine oder mehrere Verdichterstufen mehrerer Verdichter einer Gasturbine, insbesondere einer Flugtriebwerk-Gasturbine, die jeweils ein Laufgitter und ein Leitgitter aufweisen, (jeweils) der Bedingung

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

mit der Drosselziffer  $\sigma$  und dem durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe  $h$  und mittlerer Sehnenlänge  $l_{ax}$  definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$ .

**[0009]** Es hat sich überraschend herausgestellt, dass durch solche bzw. solcherart ausgelegte Verdichterstufen im Gegensatz zu bisher bekannten Verdichterstufen bzw. Auslegungen bei gleicher aerodynamischer Belastung und Stufenzahl eine Verdichterbaulänge und Gewicht reduziert bzw. bei gleicher Baulänge die Effizienz des Verdichters erhöht und damit jeweils der spezifische Treibstoffverbrauch reduziert werden kann.

**[0010]** Ein Laufgitter weist in einer Ausführung eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Laufschaufeln auf, die an einem Rotor angeordnet sind, der, insbesondere durch eine Turbine der Gasturbine, um eine Haupt- bzw. Maschinenachse drehbar (gelagert) ist. Die Laufschaufeln können lösbar oder stoffschlüssig an dem Rotor befestigt oder integral mit diesem ausgebildet sein. Sie können in einer Ausführung deckbandlos sein oder ein geschlossenes Außendeckband aufweisen.

**[0011]** Ein Leitgitter weist in einer Ausführung eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Laufschaufeln auf, die fest oder verstellbar an einem Gehäuse angeordnet sind, das den Rotor umgreift. Sie können in einer Ausführung deckbandlos sein oder ein geschlossenes Innendeckband aufweisen.

**[0012]** In einer Ausführung ist das Leitgitter ein stromabwärtig benachbartes Leitgitter bzw. dem Laufgitter stromabwärts benachbart angeordnet. Es kann insbesondere ein sogenanntes Nachleitrad zur Umsetzung von durch das rotierende Laufgitter aufgeprägter kinetischer in Druckenergie von die Gasturbine durchströmender Luft sein.

**[0013]** In einer Ausführung besteht die Verdichterstufe im Sinne der vorliegenden Erfindung aus dem Lauf- und dem Leitgitter.

**[0014]** Die Drosselziffer  $\sigma$  ist in fachüblicher Weise definiert als Quotient aus der Druckziffer  $\Psi_{(eff)}$  dividiert durch das Quadrat der Lieferzahl  $\varphi$ :

$$\sigma = \Psi_{(eff)} / \varphi^2.$$

**[0015]** Die Druckziffer  $\Psi_{(eff)}$  ist in fachüblicher Weise definiert als Quotient aus dem Doppelten der (spezifischen) Arbeit  $H_{(eff)}$  der Stufe oder des Laufgitters dividiert durch das Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit am Stufen- oder Laufgittereintritt  $u_1$ :

$$\Psi_{(eff)} = 2 \cdot H_{(eff)} / u_1^2.$$

**[0016]** Die Lieferzahl  $\varphi$  ist in fachüblicher Weise definiert als Quotient aus der axialen Absolutgeschwindigkeit  $c_{ax}$ , insbesondere am Stufen- oder Laufgittereintritt

( $c_{ax, 1}$ ), dividiert durch die Umfangsgeschwindigkeit am Stufen- oder Laufgittereintritt  $u_1$ :

$$\varphi = c_{ax(, 1)} / u_1.$$

**[0017]** Die Drosselziffer  $\sigma$  ist somit gleichermaßen definiert als Quotient aus dem Doppelten der (spezifischen) Arbeit  $H_{(eff)}$  der Stufe oder des Laufgitters dividiert durch das Quadrat der axialen Absolutgeschwindigkeit  $c_{ax, 1}$ , insbesondere am Stufen- oder Laufgittereintritt ( $c_{ax, 1}$ ):

$$\sigma = 2 \cdot H_{(eff)} / c_{ax(, 1)}^2.$$

**[0018]** Die mittlere Kanalhöhe  $h$  ist in fachüblicher Weise definiert als geometrisches Mittel der Hälfte der Differenz(en) des bzw. der Außen- und Innendurchmesser  $D_a, D_i$  des Strömungskanals der Verdichterstufe oder des Laufgitters:

$$h = (D_a - D_i) / 2.$$

**[0019]** Die mittlere Sehnenlänge  $l_{ax}$  ist in fachüblicher Weise definiert als geometrisches Mittel des Abstandes zwischen Ein- und Austrittskante des Laufgitters oder der Verdichterstufe.

**[0020]** Entsprechend ergibt sich das Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  zu:

$$AR_{ax} = h / l_{ax}.$$

**[0021]** Nach einer Ausführung ist das Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  größer als 0,5. Zusätzlich oder alternativ ist nach einer Ausführung das Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  kleiner als 2,5. Hierdurch kann eine besonders vorteilhafte Verdichterstufe zur Verfügung gestellt werden.

**[0022]** Nach einer Ausführung beträgt ein Gesamt-druckverhältnis  $\Pi$  eines oder mehrerer der Verdichter wenigstens 40, insbesondere wenigstens 45. Hierdurch kann ein besonders vorteilhafter Verdichter zur Verfügung gestellt werden.

**[0023]** Das Gesamt-druckverhältnis  $\Pi$  ist in fachüblicher Weise definiert als Quotient des Drucks  $p_2$  am Austritt des Verdichters zu dem Druck  $p_1$  am Eintritt des Verdichters:

$$\Pi = p_2 / p_1.$$

**[0024]** Nach einer Ausführung beträgt ein Nebenstromverhältnis BPR (By-Pass-Ratio) des Flugtriebwerks wenigstens 10, insbesondere wenigstens 12. Hierdurch kann ein besonders vorteilhaftes Flugtriebwerk zur Verfügung gestellt werden.

**[0025]** Das Nebenstromverhältnis BPR ist in fachüblicher

Weise definiert als Quotient des Luftmassenstroms  $m_{mantel}$ , der nach einem Fan außen an der Gasturbine des Flugtriebwerks vorbeigeführt wird (Nebenstrom oder Mantelstrom), dividiert durch den Luftmassenstrom  $m_{kern}$ , der innen die Brennkammer der Gasturbine passiert und die Wellenleistung bereitstellt (Kernstrom):

$$BPR = m_{mantel} / m_{kern}.$$

**[0026]** Insbesondere zu den vorstehenden, in fachüblicher Weise definierten und daher dem Fachmann bekannten Größen wird ergänzend auch Bezug genommen auf H. Grieb: "Verdichter für Turbo-Flugtriebwerke", Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-34373-8.

**[0027]** Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1 ein Flugtriebwerk mit einer Gasturbine mit einem Verdichter mit mehreren Verdichterstufen nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 eine Grenzkurve zur Auslegung der Verdichterstufen nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

**[0028]** Fig. 1 zeigt in teilweise schematisierter Weise ein Flugtriebwerk mit einem Fan 1 und einer Gasturbine, die lediglich zur kompakteren Darstellung und exemplarisch nur einen Verdichter 9, eine stromabwärtige Brennkammer 5, eine Hochdruckturbine 6, die mit dem Verdichter 9 über einen Rotor 10 gekoppelt ist, und eine Niederdruckturbine 7 aufweist, die mit dem Fan 1 gekoppelt ist. Die Gasturbine wird von einem Kernstrom 8 durch- und einem Neben- oder Mantelstrom 2 umströmt.

**[0029]** Der Verdichter 9 weist mehrere Verdichterstufen auf, die jeweils ein rotorfestes Laufgitter 3 und ein stromabwärtig benachbartes Leitgitter 4 aufweisen.

**[0030]** Eine oder mehrere dieser Verdichterstufen 3, 4 sind bzw. werden derart ausgelegt, dass die Drosselziffer  $\sigma$  und das durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe  $h$  und mittlerer Sehnenlänge  $l_{ax}$  definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  der Bedingung

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

genügt, das Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  größer als 0,5 und kleiner als 2,5 ist.

**[0031]** Das Gesamt-druckverhältnis  $\Pi$  des Verdichters 9 beträgt wenigstens 45, das Nebenstromverhältnis BPR des Flugtriebwerks wenigstens 12.

**[0032]** Fig. 2 zeigt eine Grenzkurve zur Auslegung der Verdichterstufen nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung. Diese werden bzw. sind derart ausgelegt,

dass die Drosselziffer  $\sigma$  über der in Fig. 2 fett eingezeichneten Grenzkurve  $\sigma = -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$  liegt.

**[0033]** Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist.

**[0034]** So kann das Flugtriebwerk bzw. die Gasturbine insbesondere einen Niederdruck- und einen stromabwärtigen Hochdruckverdichter, in einer Weiterbildung auch einen dazwischen angeordneten Mitteldruckverdichter, aufweisen, wobei wenigstens einer dieser Verdichter in der vorstehend exemplarisch mit Bezug auf den Verdichter 9 erläuterten Weise ausgelegt sein bzw. werden kann. Gleichmaßen können Nieder- und Hochdruckverdichter auch als ein Verdichter im Sinne der vorliegenden Erfindung verstanden werden.

**[0035]** Der Fan 1 kann insbesondere über ein Getriebe mit der Hochdruckturbine 6 gekoppelt sein.

**[0036]** 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 ergibt.

Bezugszeichenliste

**[0037]**

- |    |                    |
|----|--------------------|
| 1  | Fan                |
| 2  | Mantelstrom        |
| 3  | Laufgitter         |
| 4  | (Nach)Leitgitter   |
| 5  | Brennkammer        |
| 6  | Hochdruckturbine   |
| 7  | Niederdruckturbine |
| 8  | Kernstrom          |
| 9  | Verdichter         |
| 10 | Rotor              |

- |           |                      |
|-----------|----------------------|
| $AR_{ax}$ | Seitenverhältnis     |
| $h$       | mittlere Kanalhöhe   |
| $l_{ax}$  | mittlere Sehnenlänge |
| $\sigma$  | Drosselziffer        |

**Patentansprüche**

1. Verdichterstufe für eine Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, mit einem Laufgitter (3), einem, insbesondere stromabwärtig benachbarten, Leitgitter (4), und mit einer Drosselziffer ( $\sigma$ ), **dadurch gekennzeichnet, dass**

**durch gekennzeichnet, dass** die Drosselziffer ( $\sigma$ ) und das durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe ( $h$ ) der Verdichterstufe oder des Laufgitters (3) und mittlerer Sehnenlänge ( $l_{ax}$ ) der Verdichterstufe oder des Laufgitters (3) definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  der Bedingung

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

genügt.

2. Verdichterstufe nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  größer als 0,5 und/oder kleiner als 2,5 ist.
3. Gasturbine mit wenigstens einem Verdichter (9) mit wenigstens einer Verdichterstufe nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
4. Gasturbine nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gesamtdruckverhältnis  $\Pi$  wenigstens eines der Verdichter wenigstens 40, insbesondere wenigstens 45 beträgt.
5. Flugtriebwerk mit einer Gasturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
6. Flugtriebwerk nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Nebenstromverhältnis BPR des Flugtriebwerks wenigstens 10, insbesondere wenigstens 12 beträgt.
7. Verfahren zur Auslegung wenigstens einer Verdichterstufe wenigstens eines Verdichters einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, mit einem Laufgitter (3), einem, insbesondere stromabwärtig benachbarten, Leitgitter (4), und mit einer Drosselziffer ( $\sigma$ ), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterstufe aerodynamisch so ausgelegt wird, dass die Drosselziffer  $\sigma$  und das durch den Quotienten aus mittlerer Kanalhöhe ( $h$ ) der Verdichterstufe oder des Laufgitters (3) und mittlerer Sehnenlänge ( $l_{ax}$ ) der Verdichterstufe oder des Laufgitters (3) definierte Seitenverhältnis  $AR_{ax}$  der Bedingung

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

genügt.

8. Verfahren zur Auslegung wenigstens eines Verdichters einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Verdichterstufe des Verdichters nach dem vorhergehenden Anspruch ausgelegt wird.

9. Verfahren zur Auslegung wenigstens eines Verdichters nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gesamtdruckverhältnis  $\Pi$  des Verdichters wenigstens 40, insbesondere wenigstens 45 beträgt.

10. Verfahren zur Auslegung eines Verdichters nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Nebenstromverhältnis BPR des Flugtriebwerks wenigstens 10, insbesondere wenigstens 12 beträgt.

#### Claims

1. Compressor stage for a gas turbine, in particular of an aircraft engine, comprising a rotor cascade (3), a stator cascade (4), in particular adjacent thereto downstream, and a throttle value ( $\sigma$ ), **characterized in that** the throttle value ( $\sigma$ ) and the aspect ratio  $AR_{ax}$  defined by the quotient of the average channel height (h) of the compressor stage or of the rotor cascade (3) and the average chord length ( $l_{ax}$ ) of the compressor stage or of the rotor cascade (3) satisfy the condition

$$\sigma > -1.33 \cdot AR_{ax} + 5.16$$

2. Compressor stage according to the preceding claim, **characterized in that** the aspect ratio  $AR_{ax}$  is greater than 0.5 and/or less than 2.5.

3. Gas turbine comprising at least one compressor (9) having at least one compressor stage according to either of the preceding claims.

4. Gas turbine according to the preceding claim, **characterized in that** a total pressure ratio  $\Pi$  of at least one of the compressors is at least 40, in particular at least 45.

5. Aircraft engine comprising a gas turbine according to any of the preceding claims.

6. Aircraft engine according to the preceding claim, **characterized in that** a bypass ratio BPR of the aircraft engine is at least 10, in particular at least 12.

7. Method for designing at least one compressor stage of at least one compressor of a gas turbine, in particular of an aircraft engine, comprising a rotor cascade (3), a stator cascade (4), in particular adjacent thereto downstream, and a throttle value ( $\sigma$ ), **characterized in that** the compressor stage is aerodynamically designed such that the throttle value  $\sigma$  and the aspect ratio  $AR_{ax}$  defined by the quotient of the average channel height (h) of the compressor stage

or of the rotor cascade (3) and the average chord length ( $l_{ax}$ ) of the compressor stage or of the rotor cascade (3) satisfy the condition

$$\sigma > -1.33 \cdot AR_{ax} + 5.16$$

8. Method for designing at least one compressor of a gas turbine, in particular of an aircraft engine, **characterized in that** at least one compressor stage of the compressor is designed according to the preceding claim.

9. Method for designing at least one compressor according to the preceding claim, **characterized in that** a total pressure ratio  $\Pi$  of the compressor is at least 40, in particular at least 45.

10. Method for designing a compressor according to any of the preceding claims, **characterized in that** a bypass ratio BPR of the aircraft engine is at least 10, in particular at least 12.

#### Revendications

1. Étage de compresseur pour une turbine à gaz, en particulier d'un moteur d'aéronef, comportant une grille mobile (3), une grille directrice (4) en particulier adjacente en aval, et comportant un chiffre d'étranglement ( $\sigma$ ), **caractérisé en ce que** le chiffre d'étranglement ( $\sigma$ ) et le rapport d'aspect  $AR_{ax}$  défini par le quotient de la hauteur de canal moyenne (h) de l'étage de compresseur ou de la grille mobile (3) et de la longueur de corde moyenne ( $l_{ax}$ ) de l'étage de compresseur ou de la grille mobile (3) satisfont à la condition

$$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$

2. Étage de compresseur selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le rapport d'aspect  $AR_{ax}$  est supérieur à 0,5 et/ou inférieur à 2,5.

3. Turbine à gaz comportant au moins un compresseur (9) comportant au moins un étage de compresseur selon l'une quelconque des revendications précédentes.

4. Turbine à gaz selon la revendication précédente, **caractérisée en ce qu'un** rapport de pression totale  $\Pi$  d'au moins l'un des compresseurs est d'au moins 40, en particulier d'au moins 45.

5. Moteur d'aéronef comportant une turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes.

6. Moteur d'aéronef selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'un** taux de dilution BPR du moteur d'aéronef est d'au moins 10, en particulier d'au moins 12. 5
7. Procédé permettant de concevoir au moins un étage de compresseur d'au moins un compresseur d'une turbine à gaz, en particulier d'un moteur d'aéronef, comportant une grille mobile (3), une grille directrice (4) en particulier adjacente en aval, et comportant un chiffre d'étranglement ( $\sigma$ ), **caractérisé en ce que** l'étage de compresseur est conçu de manière aérodynamique de telle sorte que le chiffre d'étranglement  $\sigma$  et le rapport d'aspect  $AR_{ax}$  défini par le quotient de la hauteur de canal moyenne (h) de l'étage de compresseur ou de la grille mobile (3) et de la longueur de corde moyenne ( $l_{ax}$ ) de l'étage de compresseur ou de la grille mobile (3) satisfont à la condition 10  
15  
20
- $$\sigma > -1,33 \cdot AR_{ax} + 5,16$$
8. Procédé permettant de concevoir au moins un compresseur d'une turbine à gaz, en particulier d'un moteur d'aéronef, **caractérisé en ce qu'au** moins un étage de compresseur du compresseur est conçu selon la revendication précédente. 25
9. Procédé permettant de concevoir au moins un compresseur selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'un** rapport de pression totale  $\Pi$  du compresseur est d'au moins 40, en particulier d'au moins 45. 30  
35
10. Procédé permettant de concevoir un compresseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** taux de dilution BPR du moteur d'aéronef est d'au moins 10, en particulier d'au moins 12. 40

45

50

55

Fig. 1

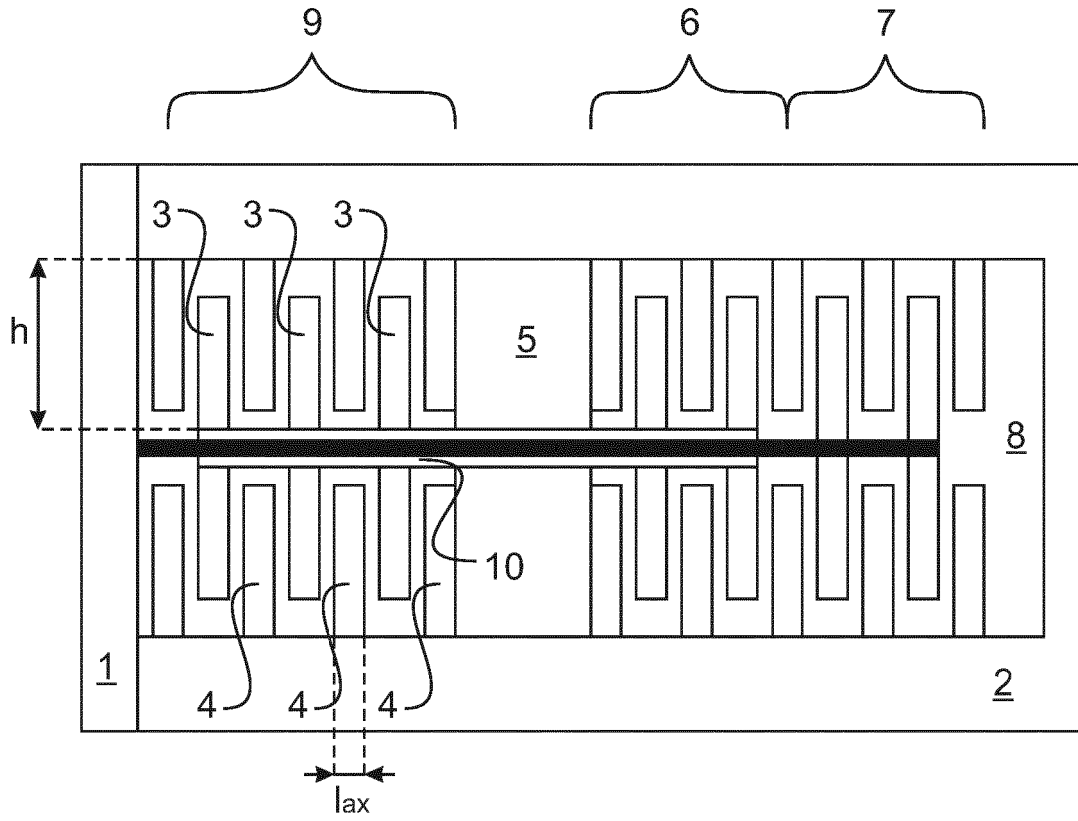
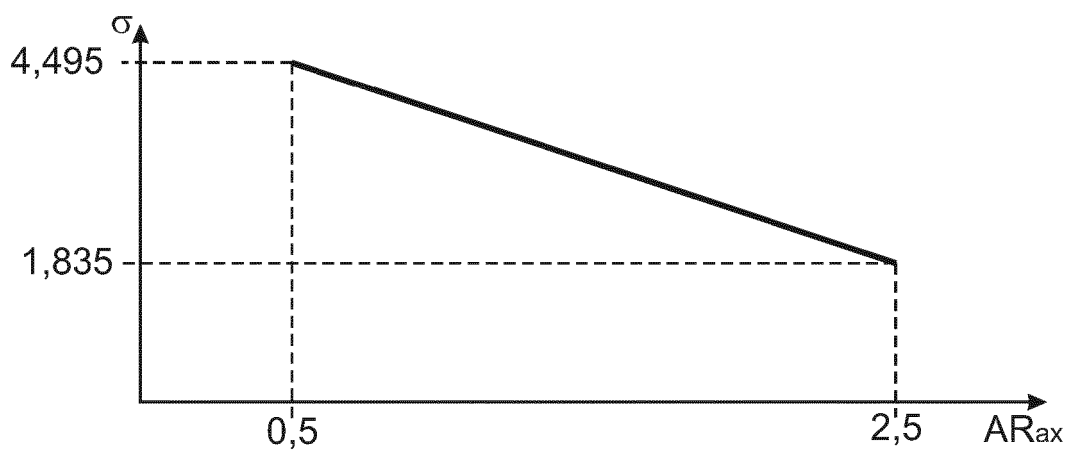


Fig. 2



**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 Nicht-Patentliteratur**

- **H. GRIEB.** Verdichter für Turbo-Flugtriebwerke.  
Springer-Verlag [0026]