



(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**31.10.2001 Patentblatt 2001/44**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F23R 3/06**

(21) Anmeldenummer: **01109768.0**

(22) Anmeldetag: 20.04.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:

- **Schilling, Thomas, Dr.-Ing.**  
**15831 Mahlow (DE)**
- **Dörr, Thomas, Dr.-Ing.**  
**12167 Berlin (DE)**

(30) Priorität: 27.04.2000 DE 10020598

(74) Vertreter: **Weber, Joachim, Dr.**  
**Hoefler, Schmitz, Weber & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Gabriel-Max-Strasse 29**  
**81545 München (DE)**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**  
**15827 Dahlewitz (DE)**

(54) **Gasturbinenbrennkammer mit Zuleitungsöffnung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einem Pilotbrenner (2) und zumindest einem Hauptbrenner (3), welche zueinander axial und radial versetzt angeordnet sind, wobei die Brennkammer (1) eine äußere (4) und eine innere (5) Flammrohrwand umfasst, in welchen jeweils Öffnungen zur Zuleitung von Luft ausgebildet sind, wobei der

Hauptbrenner (3) an die äußere Flammrohrwand (4) und der Pilotbrenner (2) angrenzend an die innere Flammrohrwand (5) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Flammrohrwand (4) mit einer ersten Anordnung (6) von Öffnungen versehen ist und dass in der inneren Flammrohrwand (5) eine zweite Anordnung (7) von Öffnungen ausgebildet ist.

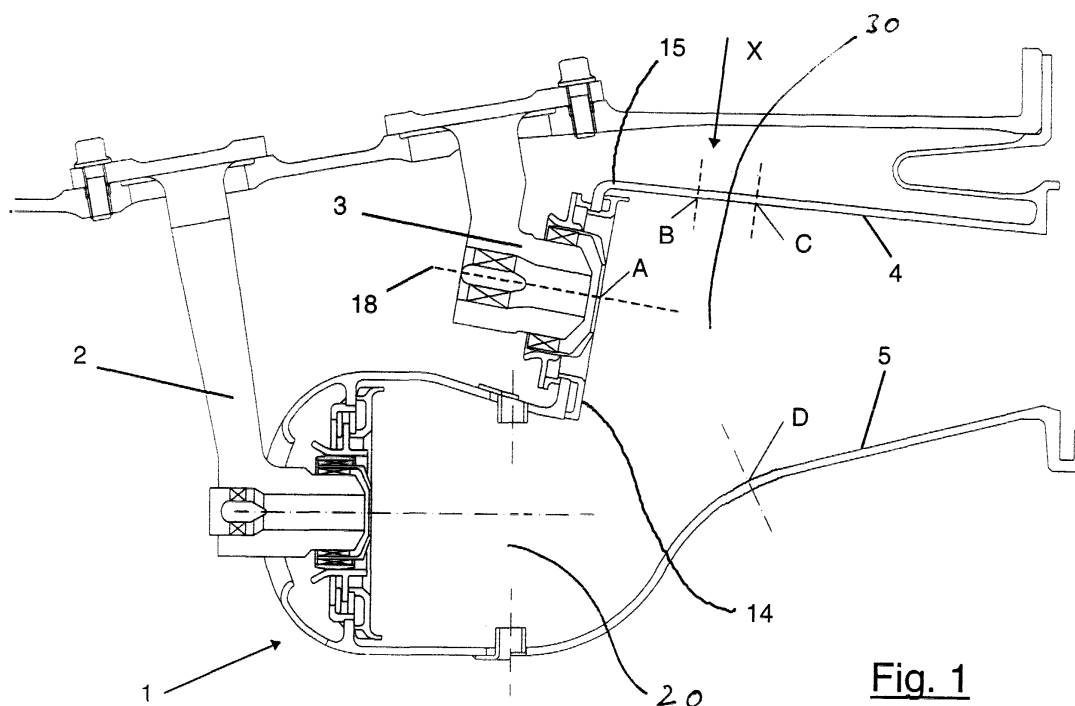


Fig. 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einem Pilotbrenner und zumindest einem Hauptbrenner, welche zueinander axial und radial versetzt angeordnet sind, wobei die Brennkammer eine äußere und eine innere Flammrohrwand umfasst, in welchen jeweils Öffnungen zur Zuleitung von Luft ausgebildet sind, wobei der Hauptbrenner angrenzend an die äußere Flammrohrwand und der Pilotbrenner angrenzend an die innere Flammrohrwand angeordnet sind.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Gasturbinenbrennkammern bekannt, die beispielsweise als Ringbrennkammern ausgebildet sind. Zur Verringerung der Schadstoffemissionen von Gasturbinentriebwerken wurden Zweizonen-Brennkammern entwickelt, wobei eine Zone für die Verbrennung bei Leerlaufdrehzahl und Teillast und die andere Zone für den oberen Lastbereich ausgelegt sind. Somit ist es möglich, die entsprechende Schadstoffentwicklung optimal zu beeinflussen.

[0003] Der Stand der Technik zeigt somit Brennkammern mit gestufter Verbrennungsführung, bei denen eine Pilotstufe und eine Hauptstufe unterschiedliche Funktionen übernehmen. Beide Stufen können separat hinsichtlich ihrer durch ihre jeweiligen Betriebsbedingungen spezifischen Schadstoffentstehungsmechanismen optimiert werden. Der Hauptstufe kommt hierbei vornehmlich die Funktion zu, den Schadstoffausstoß der im Vollastbetrieb auftretenden Schadstoffe, wie etwa Stickoxide und Ruß, im Vergleich zu herkömmlichen Brennkammern zu reduzieren.

[0004] Die Verbrennungsführung in der Hauptstufe ist dabei so ausgebildet, dass das von den Hauptkraftstoffzerstäubern zunächst eingestellte Luft-Brennstoff-Verhältnis, bezogen auf das stöchiometrische Verhältnis durch Brennstoffüberschuss gekennzeichnet ist. Durch Zumischung von Luft wird das Gemisch in einen mageren, durch Luftüberschuss gekennzeichneten Verbrennungszustand überführt. Diese Zumischung bzw. das Ausmischen der halb verbrannten Gase mit der Mischluft muss möglichst intensiv erfolgen, damit ein homogener ausgemischter Zustand möglichst schnell eingestellt werden kann. Ein schneller Mischvorgang (Quenching) minimiert die Aufenthaltszeit des reagierenden Gases im Bereich der stöchiometrischen Verbrennung und wirkt dem Bildungsprozess des thermischen Stickoxids entgegen.

[0005] Aus oben genannten Gründen ist deshalb die geometrische Ausgestaltung der Mischluftöffnungen im Flammrohr der Brennkammer für das Schadstoffreduktionspotential einer Gasturbinenbrennkammer von zentraler Bedeutung.

[0006] Eine Gestaltung der Zumischöffnungen wird weiterhin durch die resultierende Temperaturverteilung am Brennkammeraustritt bzw. am Turbineneintritt bestimmt. Durch zu hohe Temperaturen sind Beschädigungen der Hochdruckturbinen zu befürchten.

[0007] Die aus dem Stand der Technik bekannten Gasturbinenbrennkammern sind hinsichtlich der Reduzierung aller relevanten verbrennungsbedingten Schadstoffe ausgelegt. Eine Optimierung des Emissionsverhaltens der Brennkammer bei hohen Lastpunkten, wodurch sich vornehmlich eine Reduzierung des Stickoxidausstoßes ergibt, hat jedoch eine Erhöhung der Emissionen, wie beispielsweise Kohlenmonoxid oder unverbrannter Kohlenwasserstoffe bei Leerlauf oder Teillast zur Folge.

[0008] Aus dem Stand der Technik sind weiterhin Brennkammern in gestufter Bauweise bekannt. Derartige, auch als Zweizonen-Ringbrennkammern bezeichnete Brennkammern weisen einen äußeren und einen inneren Bereich auf. Einer der Bereiche ist für die Verbrennung bei Leerlauf und Teillast optimiert, während der andere Bereich für den oberen Lastbereich ausgelegt ist. Eine Reduzierung des Stickoxidausstoßes erfordert jedoch eine optimierte Zumischbelochung der Pilotstufe und der Hauptstufe. Die aus dem Stand der Technik bekannten Konstruktionen lösen diese Aufgabe nicht oder nur bedingt.

[0009] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, den Pilotbrenner und den Hauptbrenner entweder in einer Ebene oder auch in Umfangsrichtung versetzt zueinander anzuordnen.

[0010] Zumischbelochungen für Brennkammern üblicher Bauweise zeigen beispielsweise die EP 943 868 A2 und die EP 927 854 A1.

[0011] Die DE 197 20 402 A1 beschreibt eine axial gestufte Ringbrennkammer einer Gasturbine. Die Druckschrift beschreibt die Zuordnung einer Anzahl von Hauptbrennern zu einer Anzahl von Pilotbrennern. In den Brennkammerwandungen sind übliche Mischluftlöcher ausgebildet, die hinsichtlich ihrer Anzahl und ihrer Anordnung nicht weiter erläutert sind.

[0012] Eine weitere Ausgestaltung einer axial gestuften Doppelring-Brennkammer einer Gasturbine zeigt die WO 96/27766 A1. Auch bei dieser Druckschrift sind Öffnungen beziehungsweise Löcher für Mischluftstrahlen dargestellt, die jedoch ebenfalls, ähnlich wie bei der oben genannten DE 197 20 402 A1 hinsichtlich ihrer Ausgestaltung und Anordnung nicht näher erläutert sind. Aus der DE 28 38 258 A1 ist eine Brennkammeranordnung vorbekannt, bei welcher zumindest ein Pilotbrenner und zumindest ein Hauptbrenner vorgesehen sind. Sowohl an der äußeren, als auch an der inneren Brennkammerwand sind Öffnungen ausgebildet, die in Form von Düsen ausgestaltet sind. Im Unterschied zur vorliegenden Konstruktion sind jedoch zwei zueinander parallele Brennzonen vorgesehen, die sich erst relativ spät in einer gemeinsamen Zone vereinen. Insofern liegen Strömungs- und Verbrennungsverhältnisse vor, die sich grundsätzlich von der vorliegenden Erfindung unterscheiden.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Gasturbinenbrennkammer der eingangs genannten Art zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und ko-

stengünstiger Herstellbarkeit hinsichtlich des Schadstoffausstoßes bei unterschiedlichen Lastbereichen optimiert ist.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass die äußere Flammrohrwand mit einer ersten Anordnung von Öffnungen versehen ist, und dass in der inneren Flammrohrwand eine zweite Anordnung von Öffnungen ausgebildet ist.

**[0016]** Die erfindungsgemäße Gasturbinenbrennkammer zeichnet sich durch eine Reihe erheblicher Vorteile aus. Durch die beschriebene Anordnung der Mischluftöffnungen wird erreicht, dass bei unterschiedlichsten Betriebsbedingungen stets eine optimale Verbrennung erfolgen kann, sodass der Schadstoffausstoß ganz erheblich reduziert werden kann.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Anordnung der Öffnungen hinsichtlich ihrer axialen Position, hinsichtlich ihrer Größe sowie hinsichtlich der Staffelung der einzelnen Anordnungen oder Lochreihen als auch hinsichtlich der Zuordnung der Anordnungen von Mischluftöffnungen der äußeren und der inneren Flammrohrwand führt somit zu einer optimalen Verbrennung und zu einer Verringerung der Schadstoffemissionen.

**[0018]** Erfindungsgemäß ist es möglich, die erste Anordnung von Öffnungen einreihig oder doppelreihig auszubilden, wobei im letzteren Fall die Öffnungen der zweiten Reihe mittig oder außermittig und nach hinten zu den Zwischenbereichen der Öffnungen der ersten Reihe angeordnet sein können. In beiden Fällen ergibt sich eine Optimierung der Zuführung von Mischluft.

**[0019]** In einer günstigen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die zweite Anordnung von Öffnungen in der inneren Flammrohrwand einreihig ausgebildet ist, wobei die Öffnungen mittig oder außermittig in dem Zwischenbereich der ersten Reihe von Öffnungen der ersten Anordnung der äußeren Flammrohrwand angeordnet sind.

**[0020]** Alternativ hierzu kann die zweite Anordnung von Öffnungen in der inneren Flammrohrwand auch zweireihig ausgebildet sein, wobei dann die Öffnungen der ersten Reihe mittig oder außermittig zu den Zwischenbereichen der ersten Reihe von Öffnungen der ersten Anordnung angeordnet sind und wobei die Öffnungen der zweiten Reihe mittig oder außermittig zu den Zwischenbereichen der zweiten Reihe von Öffnungen der ersten Anordnung angeordnet sind.

**[0021]** Besonders günstige Verbrennungsverhältnisse ergeben sich, wenn der Abstand  $t_1$  der Mittelpunkte der Öffnungen der ersten Reihe und der Abstand  $t_2$  der Mittelpunkte der Öffnungen der zweiten Reihe der ersten Anordnung in der äußeren Flammrohrwand von einer stromaufwärtigen Wand eines Flammrohrs des Hauptbrenners (Ebene Hauptbrenneraustritt) zu der Höhe  $h$  des Flammrohrs folgenden Beziehungen genügen:

$$t_1/h = 0,4 \text{ (minimaler Abstand);}$$

$$t_2/h = 1,2 \text{ (maximaler Abstand).}$$

**[0022]** Erfindungsgemäß können die jeweiligen Öffnungen kreisrund oder nicht-kreisrund ausgebildet sein.

**[0023]** Weiterhin ist es möglich, die Öffnungen entweder als einfache Löcher auszugestalten oder sie als gezogene Löcher mit einem in die Brennkammer weisenden Rand auszubilden oder mit einem rohrförmigen, in die Brennkammer weisenden Ansatz zu versehen.

**[0024]** Zur Verbesserung der Verbrennungsverhältnisse kann es weiterhin günstig sein, wenn die Austrittsachsen der Öffnungen der inneren Flammrohrwand so ausgerichtet sind, dass sie auf einen Bereich der Brennkammer treffen, der durch den Schnittpunkt der Hauptbrennerachse mit der Hauptbrenneraustrittsebene und des Schnittpunkts der Achse der Anordnung von Öffnungen mit der äußeren Flammrohrwand begrenzt wird.

**[0025]** In einer weiteren, vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Durchmesser der Öffnungen in einem Bereich von  $0,12 \leq d/h \leq 0,3$  liegt, wobei  $h$  die Flammrohrhöhe des Hauptbrenners ist und wobei der Durchmesser  $d$  entweder der Durchmesser einer kreisrunden Öffnung oder aber der hydraulische Durchmesser einer nicht-kreisförmigen Öffnung ist.

**[0026]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschreiben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine vereinfachte, schematische Axialschnitt-Ansicht einer erfindungsgemäßen Brennkammer,

Fig. 2 eine Ansicht eines Ausführungsbeispiels der Belochung der äußeren Flammrohrwand,

Fig. 3 eine Seiten-Schnittansicht, analog Fig. 1, mit Angabe der Bemessungswerte der Flammrohrhöhe und der Lage der Öffnungen der äußeren Flammrohrwand,

Fig. 4 eine Schnittansicht, ähnlich den Figuren 1 und 3, in welcher die Lagen der Öffnungen der inneren Flammrohrwand dargestellt sind,

Fig. 5 eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels der inneren Flammrohrwand in Abwandlung zu der Darstellung gemäß Fig. 4,

Fig. 6 verschiedene Ausgestaltungsformen der Öffnungen in der Flammrohrwand,

Fig. 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Belochung, analog der Darstellung gemäß Fig. 2,

Fig. 8 eine axiale Seitenansicht eines Teilbereichs der Ringbrennkammer mit Darstellung der

Luftaustrittsströmungen, und

Fig. 9 eine Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Belochung, analog der Darstellung in den Fig. 2 und 7.

**[0027]** Die Fig. 1 zeigt eine axiale Schnitt-Ansicht durch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Brennkammer 1. Es ist die gestufte Anordnung eines Pilotbrenners 2, der für Leerlauf, Teillast und auch Vollast zum Einsatz kommt, sowie eines Hauptbrenners 3, der insbesondere für Vollastbetrieb zum Einsatz kommt, dargestellt. Die Brennkammer 1 weist eine äußere Flammrohrwand 4 sowie eine innere Flammrohrwand 5 auf und ist, wie sich beispielsweise aus der Fig. 8 ersehen lässt, als Ringbrennkammer ausgebildet. Die Mittelachse der mehreren, am Umfang verteilten Hauptbrenner 3 ist jeweils mit dem Bezugszeichen 18 versehen. Das Bezugszeichen 14 bezeichnet die Wand eines Flammrohrs 15 des Hauptbrenners 3.

**[0028]** In Fig. 1 ist eine dem Pilotbrenner 2 zugeordnete beziehungsweise nachgeordnete Pilotzone 20 dargestellt, während das Bezugszeichen 3 eine Haupt- und Mischzone 30 bezeichnet, die dem Hauptbrenner zugeordnet ist.

**[0029]** Mit X ist in Fig. 1 die Blickrichtung der Belochung gemäß den Fig. 2, 7 und 9 bezeichnet. Zur Verdeutlichung sind in Fig. 1 der Austrittspunkt der Achse 18 des Hauptbrenners 3 mit A, die Durchtrittsbereiche der Öffnungen der äußeren Flammrohrwand 4 mit B und C sowie die Durchtrittsrichtung der Öffnungen der inneren Flammrohrwand 5 mit D bezeichnet.

**[0030]** Die Fig. 2 zeigt in der Ansicht X (Blickrichtung X gemäß Fig. 1) die Anordnung von Öffnungen gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, die in der äußeren Flammrohrwand 4 ausgebildet sind. Die Fig. 2 zeigt eine erste Anordnung 6 von Öffnungen, die doppelreihig ausgebildet ist. Die Öffnungen der ersten Reihe sind mit 8, die Öffnungen der zweiten Reihe mit 9 bezeichnet. Die Öffnungen sind jeweils kreisrund. Die Öffnungen 9 der zweiten Reihe sind mittig in dem Zwischenbereich zwischen den Öffnungen 8 angeordnet. Gestrichelt sind Öffnungen 11 der inneren Flammrohrwand 5 dargestellt. Durch die Projektion erscheinen diese Öffnungen oval oder elliptisch, sie sind jedoch als runde Öffnungen ausgebildet. Die Öffnungen 11 sind in Fig. 2 sowie den weiteren Figuren zur Verdeutlichung "hinter" den Öffnungen 8 bzw. 9 dargestellt. Sie können jedoch auch "unterhalb" der Öffnungen der äußeren Flammrohrwand 4 liegen. Die äußere Flammrohrwand 4 weist somit eine zweireihige Zumischbelochung auf. Der Lochdurchmesser der Öffnungen 8 der ersten Reihe und der Öffnungen 9 der zweiten Reihe der ersten Anordnung 6 können entweder untereinander gleich oder unterschiedlich groß sein. Die Zuordnung beider Reihen ist um den Abstand a versetzt, das heißt die Lochachsen beider Reihen fluchten, stromabwärts gesehen nicht bzw. liegen nicht in einer Ebene eines Längsschnitts

durch die Brennkammer. Die gegenüberliegende Belochungsreihe an der inneren Flammrohrwand ist bei dem Ausführungsbeispiel einreihig und derart gestaltet, dass die Staffelung der Lochachsen fluchtend zu den Hauptbrennerachsen 18 zu liegen kommt bzw. in einer Ebene zu den Hauptbrennerachsen liegt.

**[0031]** Es ist darauf hinzuweisen, dass der Begriff "fluchtend" nicht erfindungsgemäß doppelt so viele Lochachsen (oder gemeinsame Vielfache) wie Hauptbrenner angeordnet werden können. Der Lochdurchmesser der Öffnungen 11 dieser zweiten Anordnung 7 von Öffnungen in der inneren Flammrohrwand 5 kann jeweils gleich oder unterschiedlich groß sein. Die Zuordnung der Öffnungen der inneren Flammrohrwand 5 zu der äußeren Flammrohrwand 4 ist bei dem Ausführungsbeispiel so gewählt, dass die Lochachsen entweder fluchtend oder versetzt zu der ersten Reihe von Öffnungen 8 oder der zweiten Reihe von Öffnungen 9 der äußeren Flammrohrwand 4 angeordnet sind.

**[0032]** Die Fig. 3 zeigt die Lage der ersten Anordnung 6 von Öffnungen 8 bzw. 9 der äußeren Flammrohrwand 4. Es ergibt sich somit die axiale, stromabwärtige Lage der Öffnungen. Der Wert t gibt jeweils den Abstand der Öffnungen auf der äußeren Flammrohrwand 4 zur Wand 14 des Flammrohrs 15 bzw. zur Hauptbrenneraustrittsebene 19 an. Der Abstand t ist somit der Abstand der Achsen der Ausnehmungen. Weiterhin zeigt die Fig. 3 die Flammrohrhöhe h, welche die Höhe des Flammrohrs der Hauptverbrennungszone ist. Der minimale Abstand der ersten, stromaufwärtigen Anordnung 6 von Öffnungen 8 (siehe Fig. 2) beträgt mindestens  $t_1/h = 0,4$ , der maximale Abstand der zweiten, stromabwärtigen Reihe von Öffnungen 9 beträgt höchstens  $t_2/h = 1,2$ .

**[0033]** Die Fig. 4 zeigt unterschiedliche Positionen der Öffnungen 11 bis 13 der ersten und der zweiten Reihe von zweiten Anordnungen 7 der inneren Flammrohrwand 5. Als Alternative zeigt die Fig. 5 eine geänderte Ausgestaltung der inneren Flammrohrwand 5 in analoger Darstellung der "Positionen". Die Austrittsachsen der Öffnungen 11, 12, 13 der inneren Flammrohrwand 5 sind so ausgerichtet, dass sie auf einen Bereich der Brennkammer treffen, der durch den Schnittpunkt A der Hauptbrennerachse 18 mit der Hauptbrenneraustrittsebene 19 und den Schnittpunkt C der Achse der Anordnung 6 von Öffnungen 8 bis 10 der äußeren Flammrohrwand 4 begrenzt wird. Die maximale stromaufwärtige Ausrichtung ist somit durch eine auf die Eintrittsebene der Hauptbrennerachse 18 gerichtete Mittelachse der Ausnehmungen 11 bis 13 (Punkt A) begrenzt. Die maximale stromabwärtige Ausrichtung der Öffnungen 11 bis 13 der inneren Flammrohrwand 5 ist durch eine auf die Austrittsebene der zweiten stromabwärtigen Reihe von 8 bis 10 der äußeren Flammrohrwand 4 (Punkt C) begrenzt. Die Fig. 4 zeigt drei "Positionen" der Öffnungen 11 bis 13 der inneren Flammrohrwand 5 in beispielhafter Darstellung. Es versteht sich, dass die Flammrohrwand 5 zum einen unterschiedliche Konturverläufe haben kann (siehe Unterschiede der Fig. 4 und

5) sowie zusätzliche "Positionen" der Öffnungen in dem angegebenen Bereich. Die angegebenen "Positionen" der Öffnungen 11 bis 13 liegen somit allesamt im Bereich der Hauptzone des Hauptbrenners 3, während sich die Austrittsrichtungen der Öffnungen nicht in den Bereich der Pilotzone des Pilotbrenners 2 erstrecken.

**[0034]** In Fig. 6 sind unterschiedliche Ausgestaltungen der Öffnungen 8 bis 13 angegeben. In dem linken Ausführungsbeispiel weist die Öffnung einen rohrförmigen Ansatz 17 auf, der sich in die Brennkammer erstreckt, die Öffnung ist somit "chuted". In der mittleren Ausgestaltungsform der Fig. 6 ist ein einfaches, kreisrundes Loch ausgebildet (plain). Demgegenüber weist die rechte Ausgestaltungsvariante der Fig. 6 eine gezogene Ausführung (plunged) auf, mit einem sich in Richtung der Brennkammer erstreckenden Rand 16. Es versteht sich, dass die Öffnungen kreisrund oder nicht-kreisförmig sein können. Die Größe der Öffnungen ist für sämtliche in der Erfindung beschriebenen Öffnungen durch einen Bereich von  $0,12 \leq d/h \leq 0,3$  begrenzt.  $d$  entspricht hierbei dem Durchmesser einer kreisförmigen Öffnung oder aber dem hydraulischen Durchmesser einer nicht-kreisförmigen Öffnung.  $h$  ist die Flammrohrhöhe des Hauptbrenners (siehe Fig. 3).

**[0035]** Fig. 7 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform, bei welcher in der äußeren Flammrohrwand nur eine Reihe von Öffnungen 10 ausgebildet ist, während die innere Flammrohrwand eine zweite, einreihige Anordnung von Öffnungen 11 umfasst. Die Öffnungen sind kreisrund ausgebildet, erscheinen in der gestrichelten Darstellung der Fig. 7 jedoch als Ellipsen, bedingt durch die Blickrichtung der "Ansicht X". In der äußeren Flammrohrwand 4 ist somit eine einreihige Zumischbelochung ausgebildet, wobei der Durchmesser der Öffnungen 10 innerhalb der Reihe gleich oder unterschiedlich groß sein kann. Die zweite Anordnung 7 von Öffnungen 11 der inneren Flammrohrwand 5 ist einreihig ausgebildet und so angeordnet, dass die Lochachsen jeweils versetzt gestaffelt zu den Lochachsen der Öffnungen 10 der äußeren Flammrohrwand 4 liegen. Dies bedeutet, dass die Achsen der Öffnungen 11 der inneren Flammrohrwand 5 und die Achsen der Öffnungen 10 der äußeren Flammrohrwand 4 miteinander "kämmen". Die Durchmesser der Öffnungen 11 der inneren Flammrohrwand 5 können gleich oder unterschiedlich groß sein. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es unerheblich, ob alle oder bestimmte Lochachsen der Öffnungen 11 der inneren Flammrohrwand 5 oder der Öffnungen 10 der äußeren Flammrohrwand 4 in Ebenen der Hauptbrenner 3 liegen oder nicht.

**[0036]** Die Fig. 8 zeigt eine axiale Teil-Schnittansicht der erfindungsgemäßen Brennkammer. Zur Verdeutlichung der Richtung der Luftströmungen, die durch die äußere Flammrohrwand 4 bzw. durch die innere Flammrohrwand 5 eintreten, sind jeweils Dreifach-Pfeile eingezeichnet, das Bezugszeichen 22 zeigt die Luftströmungen durch die äußere Flammrohrwand, während das Bezugszeichen 21 Luftströmungen von der inneren

Flammrohrwand 5 darstellt. Hieraus ergibt sich, dass die einzelnen Mischluftstrahlen miteinander kämmen.

**[0037]** In Fig. 9 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Anordnung der Öffnungen gezeigt. Die Anordnung ist analog der Darstellung gemäß Fig. 7, wobei die erste Anordnung 6 von Öffnungen der äußeren Flammrohrwand 4 ebenso doppelreihig ausgebildet ist, wie die zweite Anordnung 7 von Öffnungen der inneren Flammrohrwand 5. Auch hier wiederum sind die Öffnungen 13 der zweiten Reihe sowie die Öffnungen 12 der ersten Reihe der zweiten Anordnung 7 von Öffnungen der inneren Flammrohrwand 5 elliptisch dargestellt, da Fig. 9 eine Ansicht in Blickrichtung X zeigt. Es ergeben sich somit gegenüberliegende Reihen von Öffnungen, die hinsichtlich ihrer Anordnung miteinander kämmen.

**[0038]** Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt, vielmehr ergeben sich im Rahmen der Erfindung vielfältige Abwandlungs- und Modifikationsmöglichkeiten.

**[0039]** Zusammenfassend ist folgendes festzustellen:

**[0040]** Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einem Pilotbrenner 2 und zumindest einem Hauptbrenner 3, welche zueinander axial und radial versetzt angeordnet sind, wobei die Brennkammer 1 eine äußere 4 und eine innere 5 Flammrohrwand umfasst, in welchen jeweils Öffnungen zur Zuleitung von Luft ausgebildet sind, wobei der Hauptbrenner 3 an die äußere Flammrohrwand 4 und der Pilotbrenner 2 angrenzend an die innere Flammrohrwand 5 angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Flammrohrwand 4 mit einer ersten Anordnung 6 von Öffnungen versehen ist und dass in der inneren Flammrohrwand 5 eine zweite Anordnung 7 von Öffnungen ausgebildet ist, welche hinter der ersten Anordnung 6 angeordnet ist. (Fig. 1).

#### Bezugszeichenliste

#### **[0041]**

- 1 Brennkammer
- 2 Pilotbrenner
- 3 Hauptbrenner
- 4 äußere Flammrohrwand
- 5 innere Flammrohrwand
- 6 erste Anordnung von Öffnungen in äußerer Flammrohrwand 4
- 7 zweite Anordnung von Öffnungen in innerer Flammrohrwand 5
- 8 Öffnungen der ersten Reihe der ersten Anordnung 6
- 9 Öffnungen der zweiten Reihe der ersten Anordnung 6
- 10 Öffnungen der ersten Anordnung 6
- 11 Öffnungen der zweiten Anordnung 7
- 12 Öffnungen der ersten Reihe der zweiten Anordnung 7

- 13 Öffnungen der zweiten Reihe der zweiten Anordnung 7  
 14 Wand des Flammrohrs 15 des Hauptbrenners 3  
 15 Flammrohr des Hauptbrenners 3  
 16 Rand 5  
 17 rohrförmiger Ansatz  
 18 Achse des Hauptbrenners 3  
 19 Hauptbrenneraustrittsebene  
 20 Pilotzone  
 21 Luftstrahl von innen 10  
 22 Luftstrahl von außen  
 30 Haupt- und Mischzone
- A Schnittpunkt der Hauptbrennerachse mit Wand 14  
 B Schnittpunkt der Lochachse der ersten Reihe der ersten Anordnung 8 mit der Innenwandseite der äußeren Flammrohrwand 15  
 C Schnittpunkt der Lochachse der zweiten Reihe der ersten Anordnung 9 mit der Innenwandseite der äußeren Flammrohrwand 15 20  
 D Schnittpunkt der Lochachse der ersten Reihe der zweiten Anordnung 7 mit der Innenwandseite der inneren Flammrohrwand 15 25  
 X Ansicht auf Außenwand der äußeren Flammrohres 30

#### Patentansprüche

1. Gasturbinenbrennkammer mit zumindest einer einem Pilotbrenner (2) zugeordneten separaten Pilotzone (20) und zumindest einer einem Hauptbrenner (3) zugeordneten gemeinsamen Haupt- und Mischzone (30), welche zueinander axial und radial versetzt angeordnet sind, wobei die gemeinsame Haupt- und Mischzone (30) eine äußere (4) und eine innere (5) Flammrohrwand umfasst, in welchen jeweils Öffnungen zur Zuleitung von Luft ausgebildet sind, wobei der Hauptbrenner (3) an die äußere Flammrohrwand (4) und der Pilotbrenner (2) angrenzend an die innere Flammrohrwand (5) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Flammrohrwand (4) mit einer ersten Anordnung (6) von einreihigen Öffnungen der gemeinsamen Haupt- und Mischzone (30) versehen ist und dass in der inneren Flammrohrwand (5) eine zweite Anordnung (7) von einreihigen Öffnungen ausgebildet ist, wobei die Öffnungen (11) mittig oder außermittig zu dem Zwischenbereich der ersten Reihe von Öffnungen (8) der ersten Anordnung (6) der äußeren Flammrohrwand (4) angeordnet sind. 45
2. Gasturbinenbrennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anordnung (6) von Öffnungen doppelreihig ausgebildet ist, wo-

bei die Öffnungen (9) der zweiten Reihe mittig oder außermittig und nach hinten zu dem Zwischenbereich der Öffnungen (8) der ersten Reihe angeordnet sind.

3. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Anordnung (7) von Öffnungen der inneren Flammrohrwand (5) zweireihig ausgebildet ist, wobei die Öffnungen (12) der ersten Reihe mittig oder außermittig zu den Zwischenbereichen der ersten Reihe von Öffnungen (8) der ersten Anordnung (6) angeordnet sind und wobei die Öffnungen (13) der zweiten Reihe mittig oder außermittig zu den Zwischenbereichen der ersten Reihe von Öffnungen (9) der ersten Anordnung (6) angeordnet sind.
4. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand  $t_1$  der Mittelpunkte der Öffnungen (8) der ersten Reihe und der Abstand  $t_2$  der Mittelpunkte der Öffnungen (9) der zweiten Reihe der ersten Anordnung (6) in der äußeren Flammrohrwand (4) von einer stromaufwärtigen Wand (14) eines Flammrohres (15) des Hauptbrenners (3) (Ebene Hauptbrenneraustritt) zu der Höhe  $h$  des Flammrohres (15) folgenden Beziehungen genügen:

$$t_1/h = 0,4 \text{ (minimaler Abstand)}$$

$$t_2/h = 1,2 \text{ (maximaler Abstand).}$$

5. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen (8 bis 13) kreisrund ausgebildet sind.
6. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen (8 bis 13) nicht-kreisrund ausgebildet sind.
7. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen (8 bis 13) als einfache Löcher ausgebildet sind.
8. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen (8 bis 13) als gezogene Löcher mit einem geringen, in die Brennkammer (1) weisenden Rand (16) ausgebildet sind.
9. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen (8 bis 13) einen rohrförmigen, in die Brennkammer (1) weisenden Ansatz (17) aufweisen.
10. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprü-

che 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsachse der Öffnungen (11, 12, 13) der inneren Flammrohrwand (5) so ausgebildet ist, dass sie auf einen Bereich der Brennkammer treffen, der durch den Schnittpunkt (A) der Hauptbrennerachse (18) mit der Hauptbrenneraustrittsebene (19) und den Schnittpunkt (C) der Achse der Anordnung (6) von Öffnungen (8, 9, 10) mit der äußeren Flammrohrwand (4) begrenzt wird.

10

11. Gasturbinenbrennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser  $d$  der Öffnungen (8-10; 11-13) in einem Bereich von  $0,12 \leq d/h \leq 0,3$  liegt, wobei  $h$  die Flammrohrhöhe des Hauptbrenners ist.

15

20

25

30

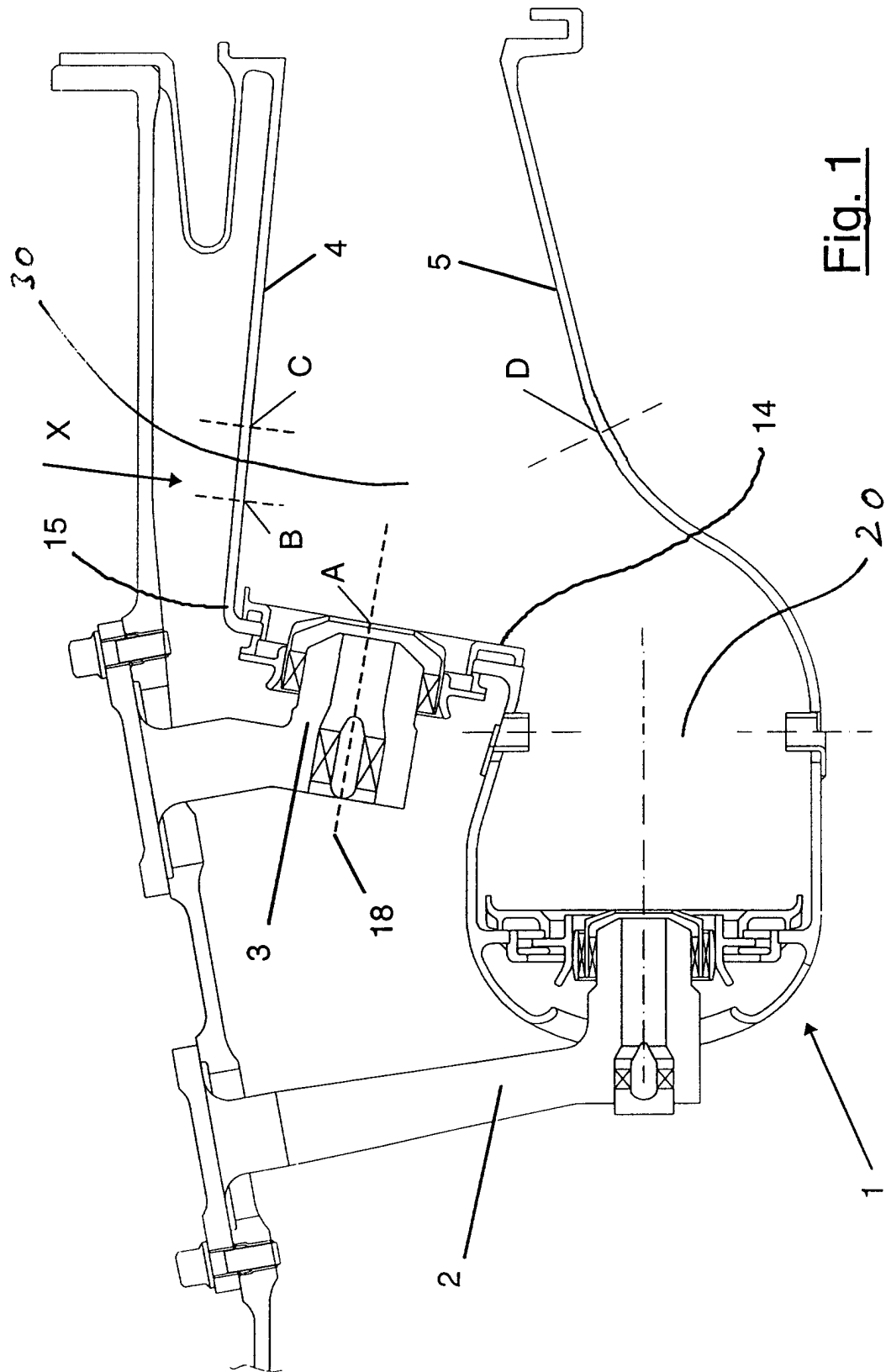
35

40

45

50

55



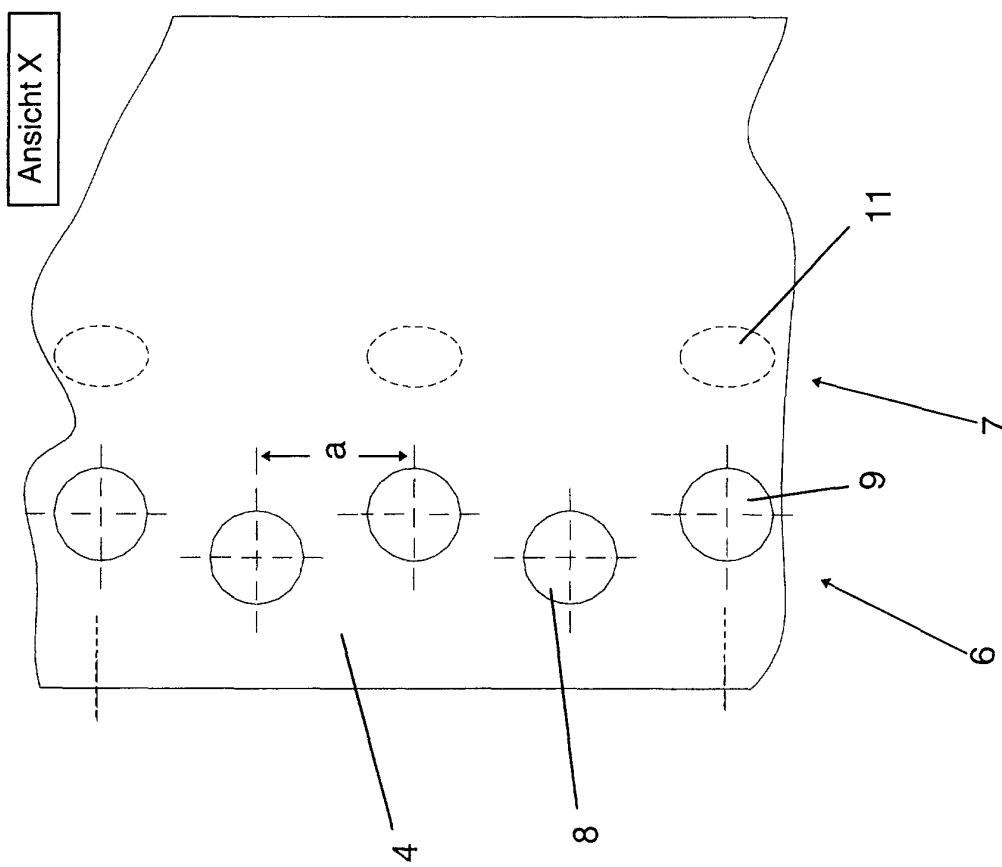
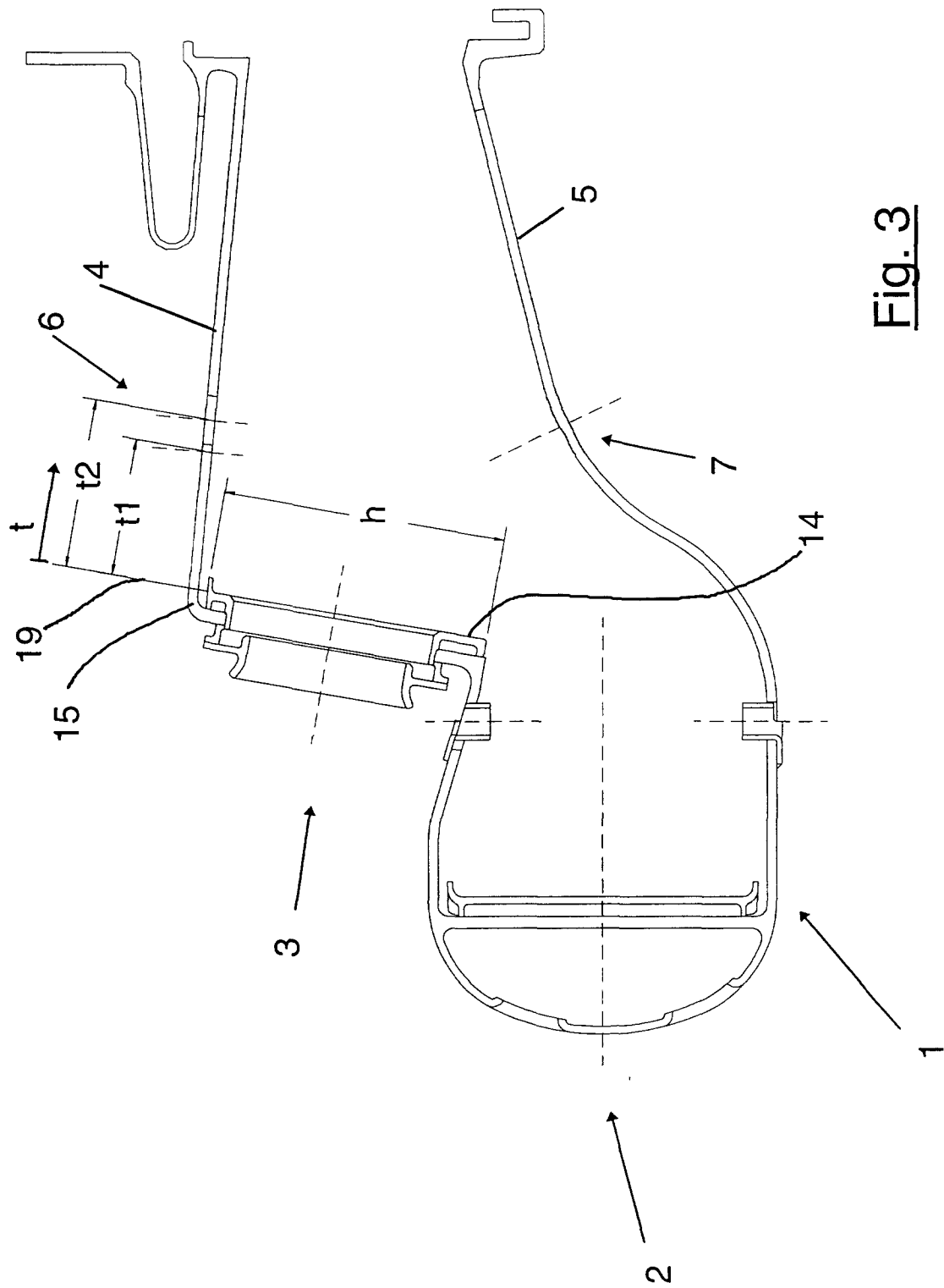


Fig. 2



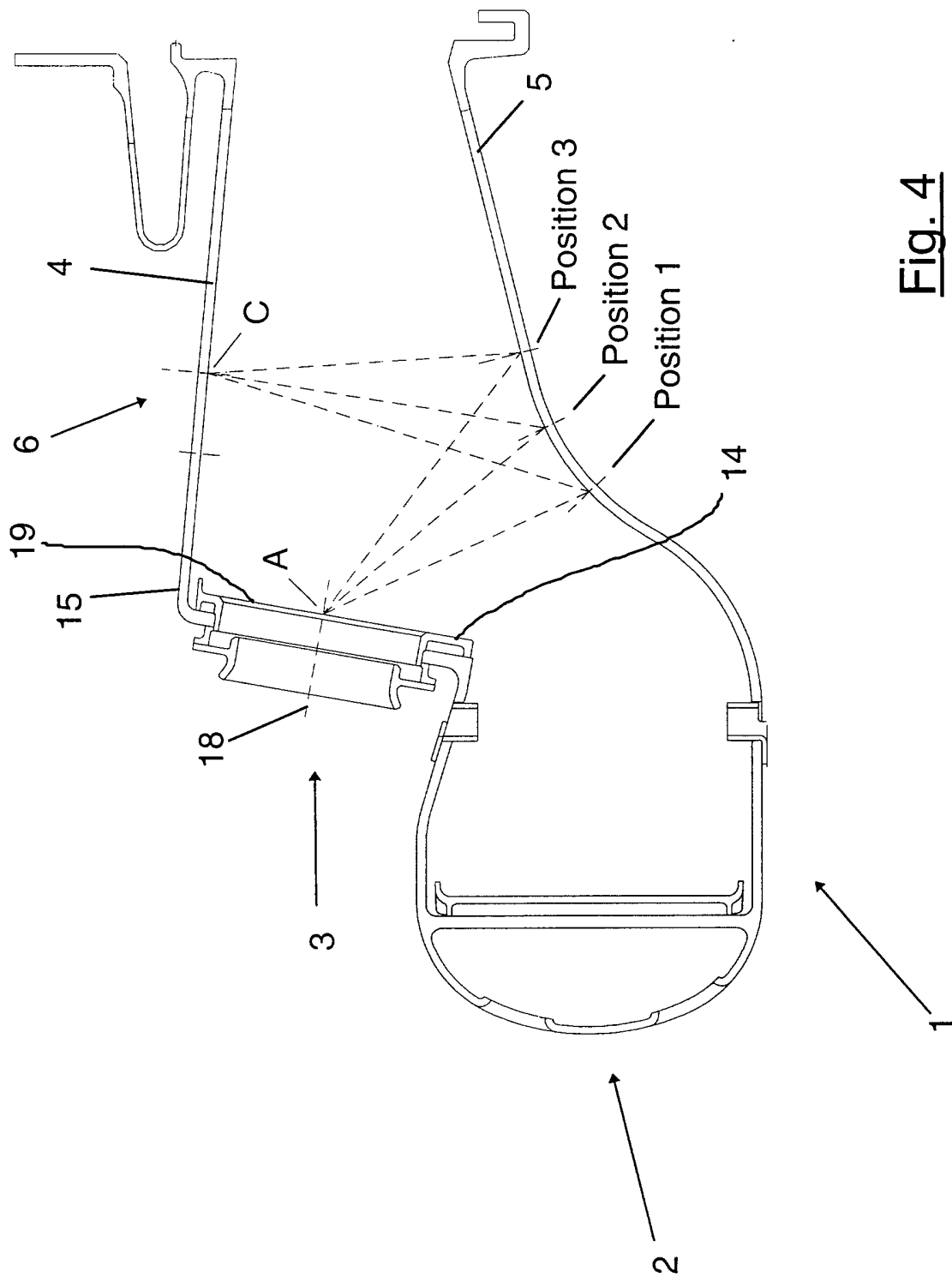
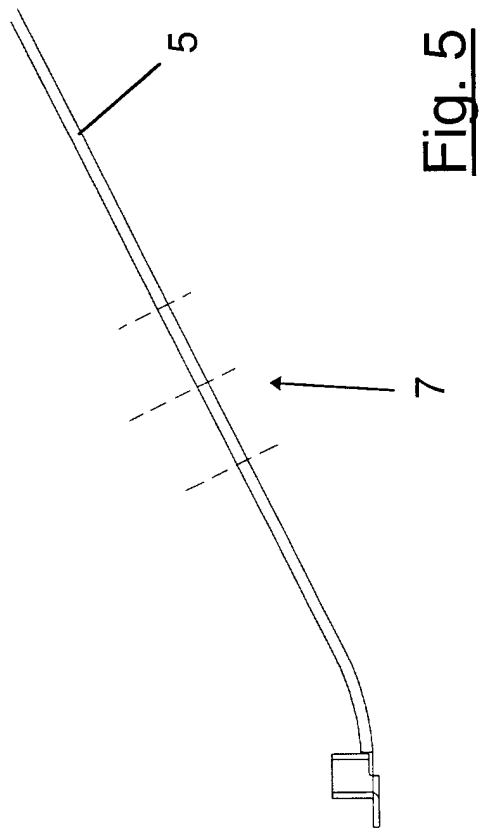


Fig. 4



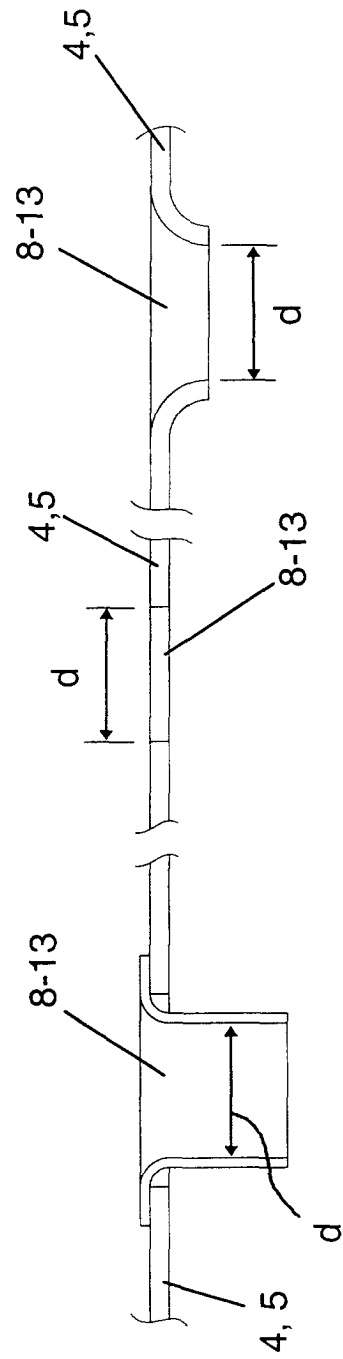


Fig. 6

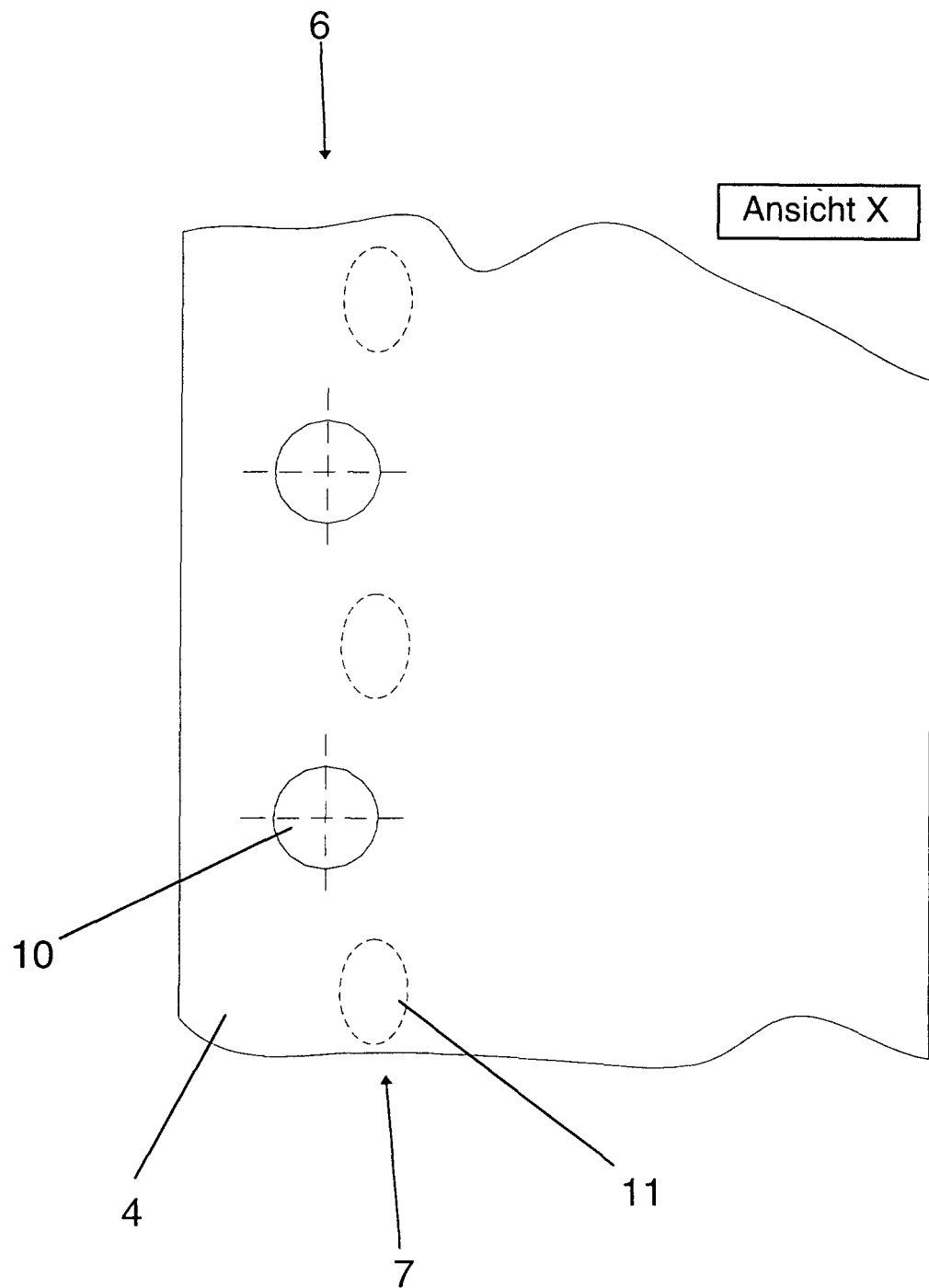


Fig. 7

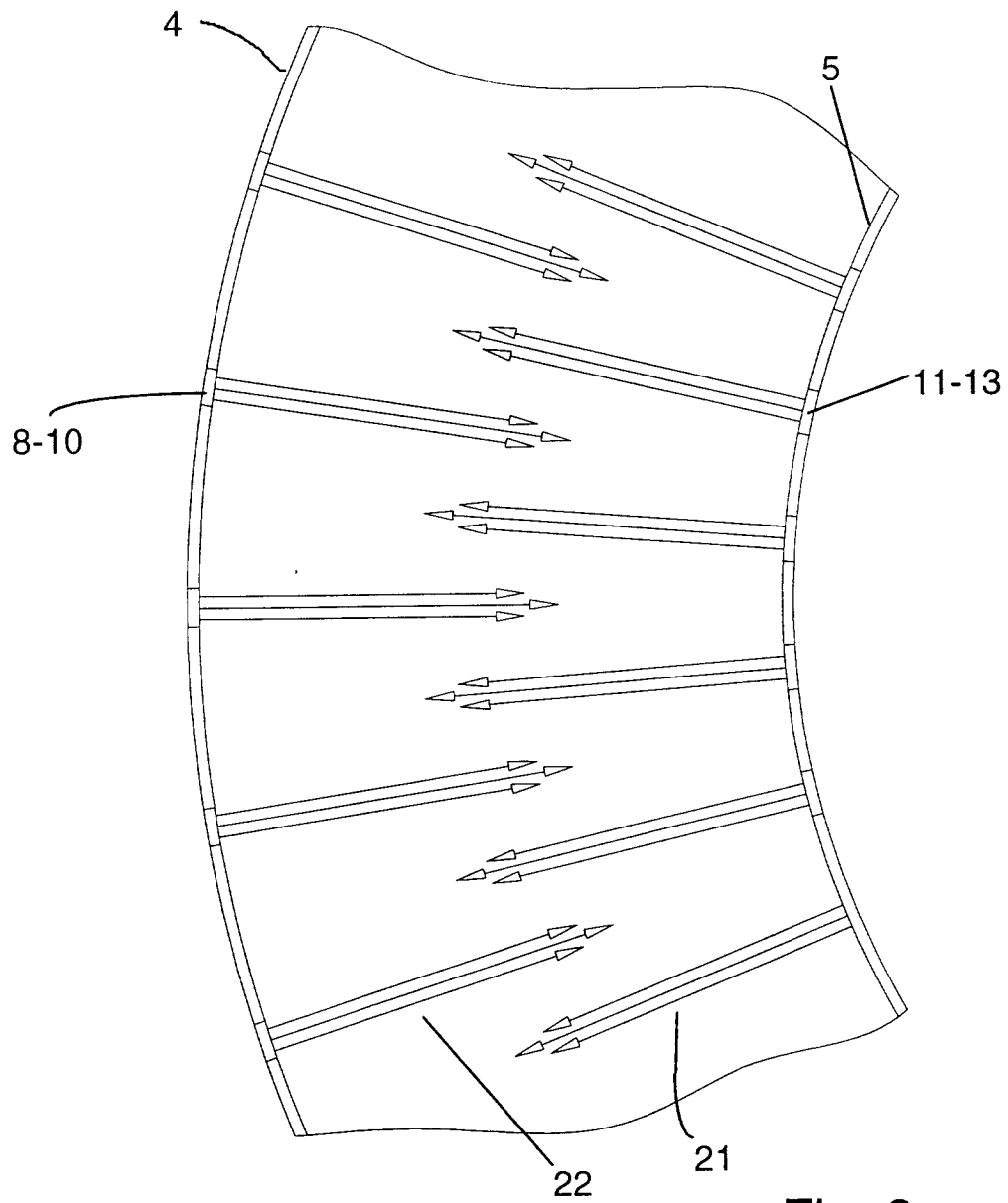


Fig. 8

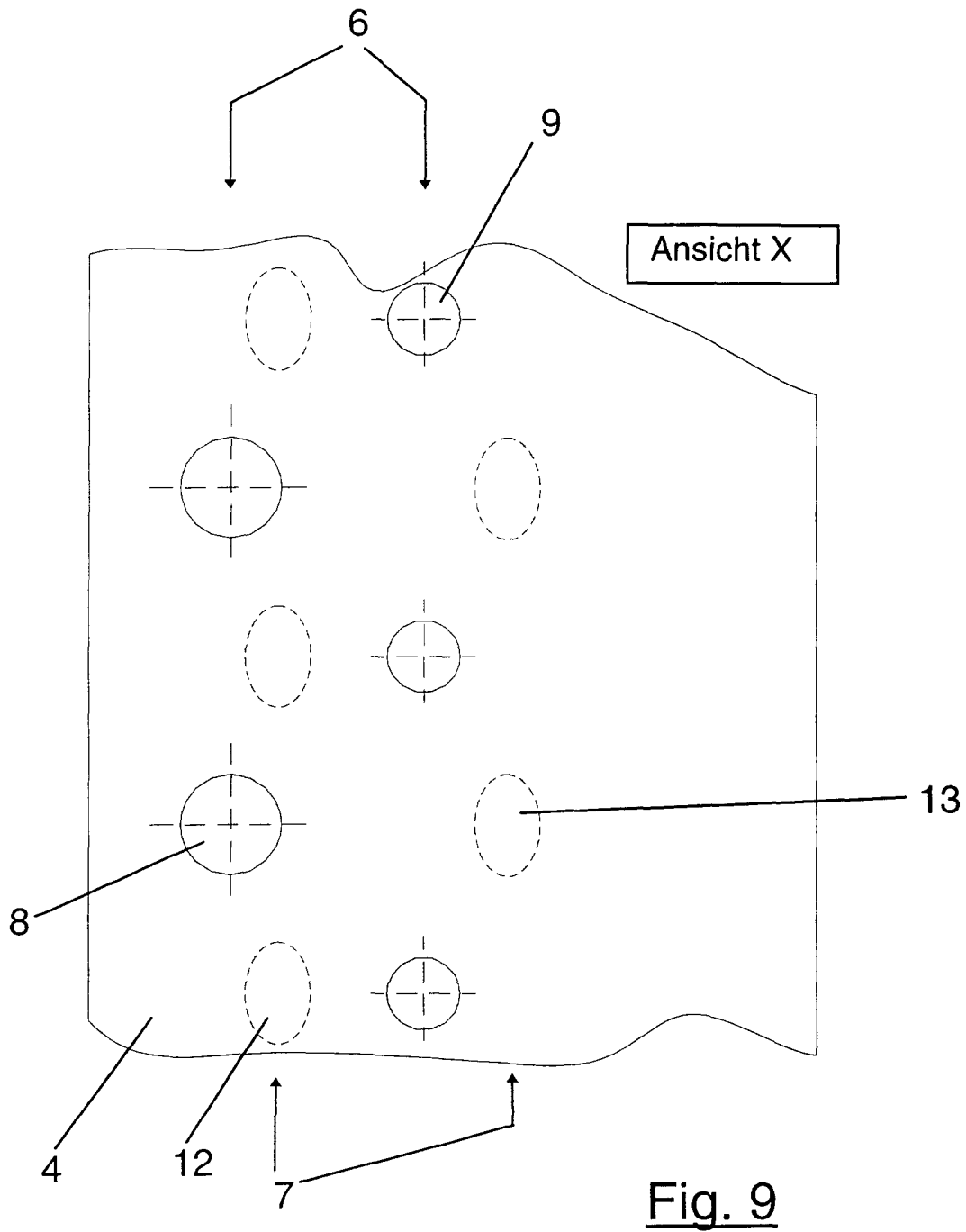


Fig. 9