

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
9. August 2012 (09.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/104012 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23D 14/84 (2006.01) F23D 14/24 (2006.01)
F23D 14/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/000122

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Januar 2012 (12.01.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
11 000 922.2 4. Februar 2011 (04.02.2011) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH** [DE/DE]; Sohnstraße 65, 40042 Düsseldorf (DE). **Elster GmbH** [DE/DE]; Steinern Str. 19-21, 55252 Mainz-Kastel (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ADLER, Wolfgang** [DE/DE]; Himmelgeister Str. 159, 40225 Düsseldorf (DE). **BENDER, Wolfgang** [DE/DE]; Fliederweg 52, 40699 Erkrath (DE). **WAHLBRINK, Joachim** [DE/DE]; Friesenhof 12, 49078 Osnabrück (DE). **SCHRÖDER, Lars** [DE/DE]; Jahnstraße 2a, 49080 Osnabrück (DE).

VAN GERSUM, Sabine [DE/DE]; Blumenthalstraße 41, 49076 Osnabrück (DE).

(74) Anwälte: **TILMANN, Max** et al.; König · Szyuka · Tilmann · von Renesse, Mönchenwerther Strasse 11, 40545 Düsseldorf (DE).

(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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FLAT FLAME BURNER

(54) Bezeichnung : FLACHFLAMMENBRENNER

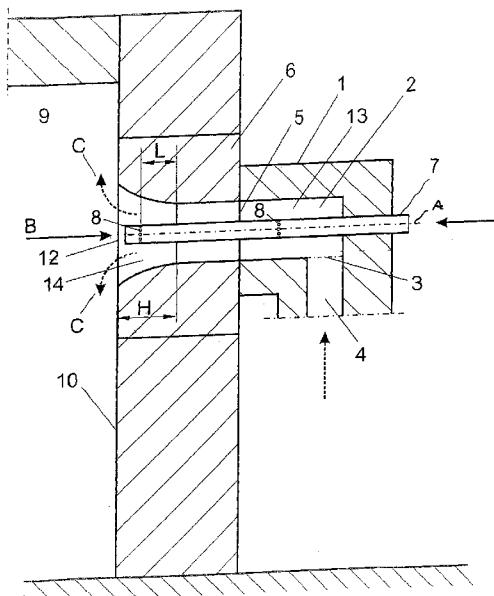


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a flat flame burner (1) comprising a chamber (2), which extends along a central axis (A) and has a combustion air inlet opening (3) and an outlet opening (12), and a burner lance (7), which extends along or parallel to the central axis and has a discharge opening (8) from which the combustion gas can be discharged, wherein the chamber has a first sub-chamber (13), in which the combustion air inlet opening is also arranged and the diameter of which or the extension of which perpendicular to the central axis remains substantially the same over the extension of the sub-chamber (13) in the direction of the central axis, the combustion air inlet opening and a combustion air feed (4) adjoining the combustion air inlet opening upstream are arranged and oriented in the region of the wall of the first sub-chamber such that a combustion air stream entering through the combustion air inlet opening enters tangentially to the bend in the wall, the chamber has a second sub-chamber (14), which, in the direction of flow of the combustion air, adjoins the first sub-chamber, and at the end of which is arranged the outlet opening and the diameter of which or the extension of which perpendicular to the central axis increases over the extension of the sub-chamber (14) from the transition to the first sub-chamber in the direction of the central axis toward the outlet opening, and the discharge opening is arranged on the burner lance in the second sub-chamber in the direction of the central axis, closer to the outlet opening than to the transition to the first sub-chamber.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Flachflammenbrenner (1) mit einer sich entlang einer Mittelachse (A) erstreckenden Kammer (2) mit einer Brennlufteinlassöffnung (3) und einer Auslassöffnung (12), einer sich entlang oder parallel zur Mittelachse erstreckenden Brennerlanze (7), die eine Austrittsöffnung (8) aufweist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Kammer eine erste Teilkammer (13) aufweist, in der auch die Brennlufteinlassöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer (13) in Richtung der Mittelachse im wesentlichen gleich bleibt, die Brennlufteinlassöffnung und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung angrenzende Brennluftzufuhr (4) im Bereich der Wandung der ersten Teilkammer derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt, die Kammer eine zweite Teilkammer (14) aufweist, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer anschließt, an deren Ende die Auslassöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer (14) von dem Übergang zur ersten Teilkammer in Richtung der Mittelachse auf die Auslassöffnung hin zunimmt, die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in der zweiten Teilkammer in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist.

5

10

15

20

„Flachflammenbrenner“

25

30

Die Erfindung betrifft einen Flachflammenbrenner mit einer Kammer mit einer einzigen Brennlufteinlassöffnung und einer Auslassöffnung, bei dem zumindest ein Teil der Wandung der Kammer zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlassöffnung und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung angrenzende Brennluftzufuhr im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt.

35

Für das Schmelzen, Wärmen und die Wärmebehandlung von Stahl, NE-Metallen, Glas und Keramik sowie anderen Produkten werden Thermoprozessanlagen eingesetzt. Diese Anlagen weisen einen Ofen auf, der durch Brenner erhitzt wird. Dabei verbrennen die Brenner im Bereich der

- 2 -

Ofenwandung Brenngas mit Brennluft sowie mit teilweise angesaugter Ofenatmosphäre.

5 In vielen Industriezweigen hat sich für die Ofenbefeuerung die Bauform des Flachflammenbrenners durchgesetzt. Ein Flachflammenbrenner weist in der Regel eine zentrische Brenngasführung auf. Die Brennluft wird im so genannten Brennerkopf (Kammer) mit Dralleinbauten in Rotation versetzt. Durch den Drall und die hohe Rotationsgeschwindigkeit bildet sich die Flamme rotationssymmetrisch zum Brenner aus und liegt flach am Brennerstein und der
10 Ofenwand an.

Als interne Abgasrückführung wird zentral Ofenatmosphäre angesaugt. Diese Abgasrückführung führt zu einer Stabilisierung der Flamme und einer Verdünnung des Brenngas-/Brennluft-Gemisches. Weiterhin heizt die Flamme
15 den Brennerstein und die umgebende Ofenwand sehr gleichmäßig auf und kühlt sich damit gleichzeitig selber ab. Diese Mechanismen bewirken einen Abbau von Temperaturspitzen in der Flamme und helfen so, die Bildung von thermischen NO_x zu unterbinden.

20 Die Wärmeübertragung an das Nutzgut geschieht hauptsächlich durch Festkörperstrahlung von Brennerstein und Ofenwand sowie durch Gasstrahlung der Flamme.

25 Gattungsgemäße Flachflammenbrenner sind beispielsweise in US 4,220,444, US 3,748,087 oder US 4,487,573 beschrieben.

Nachteilig an den herkömmlichen Flachflammenbrennern sind die für die Erzeugung des Dralls notwendigen stationären oder angetriebenen Dralleinbauten. Angetriebene Dralleinbauten benötigen für ihren Antrieb
30 Energie. Stationäre Dralleinbauten erzeugen Druckverluste, so dass für das Einbringen der Brennluft höhere Drücke notwendig sind, wodurch ebenfalls Energieverluste erzeugt werden.

35 Aus DE 28 54 395 A1, US 3,836,315, DE 28 39 460 A1, US 3,942,939 und SU 343 111 sind Flachflammenbrenner bekannt, bei denen die Brennluft durch eine oder mehrere Brennlufteinlassöffnungen einer zylinderförmigen Kammer

zugeführt wird. Die Brennlufteinlassöffnung und die stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung angrenzende Brennluftzufuhr ist in der Art angeordnet und ausgerichtet, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt. Aus diesen Druckschriften ist es ferner bekannt, eine teilweise durch die Kammer geführte Brennerlanze zur Bereitstellung des Brenngases vorzusehen, wobei die Auslassöffnungen für den Austritt des Brenngases aus der Brennerlanze in der Kammer des Flachflammenbrenners, bzw. im Bereich der Auslassöffnung der Kammer des Flachflammenbrenners vorgesehen sind.

Aus DE 10 2004 047 443 B3 ist ein Flachflammenbrenner mit einer sich entlang einer Mittelachse erstreckenden Kammer mit einer Brennlufteinlassöffnung und einer Auslassöffnung bekannt, bei dem eine sich entlang der Mittelachse erstreckende Brennerlanze vorgesehen ist, die eine Austrittsöffnung aufweist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnung derart an der Brennerlanze angeordnet ist, dass die Strömungsrichtung des aus der Austrittsöffnung ausströmenden Brenngases eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $> 0^\circ$ und $< 180^\circ$ zur Mittelachse steht. Die Kammer des Flachflammenbrenners weist eine erste Teilkammer auf, die in dem Sprachgebrauch der DE 10 2004 047 443 B3 als Kammer bezeichnet wird. In dieser ersten Teilkammer (der Kammer) ist auch die Brennlufteinlassöffnung angeordnet. Der Durchmesser, bzw. die Ausdehnung der ersten Teilkammer (der Kammer) senkrecht zur Mittelachse bleibt über die Erstreckung der Teilkammer (der Kammer) in Richtung der Mittelachse gleich. Zumindest ein Teil der Wandung der ersten Teilkammer (der Kammer) ist zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt. Die Brennlufteinlassöffnung und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung angrenzende Brennluftzufuhr sind im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zur Biegung der Wandung eintritt. Der aus DE 10 2004 047 443 B3 bekannte Flachflammenbrenner weist eine zweite Teilkammer auf, die im Sprachgebrauch der DE 10 2004 047 443 B3 als Brennerstein bezeichnet wird, an den die erste Teilkammer (die Kammer) angesetzt wird. Diese zweite Teilkammer (der Brennerstein) schließt sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer an. Am Ende der zweiten Teilkammer (des Brennersteins) ist die Auslassöffnung angeordnet, wobei der Durchmesser der

zweiten Teilkammer, bzw. die Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der zweiten Teilkammer von dem Übergang zur ersten Teilkammer in Richtung der Mittelachse auf die Auslassöffnung hin zunimmt. Die Austrittsöffnung an der Brennerlanze ist bei dem in DE 10 2004 047 443 B3 beschriebenen Flachflammenbrenner in der zweiten Kammer angeordnet. Die schematische Darstellung des Flachflammenbrenners gemäß DE 10 2004 047 443 B3 in Figur 1 der DE 10 2004 047 443 B3 zeigt die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer, der in Richtung der Mittelachse näher an dem Übergang zur ersten Teilkammer (zu der Kammer) angeordnet ist, als zu der ofeninnenseitigen Auslassöffnung der zweiten Teilkammer (des Brennersteins).

Nachteilig an den aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen ist eine nach wie vor relativ hohe Schadstoffbelastung des Reaktionsprodukts NO_x aus Brennluft und Brenngas. Zusätzlich ist die thermische Belastung des Brennersteins relativ hoch, sodass dessen Lebensdauer reduziert wird.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Flachflammenbrenner vorzuschlagen, der die Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 2 und 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der hier nach folgenden Beschreibung angegeben:

Die Erfindung geht hinsichtlich der Anordnung der Austrittsöffnung an der Brennerlanze von dem Grundgedanken aus, die Austrittsöffnung möglichst nah an der Auslassöffnung vorzusehen. Erfindungsgemäß ist die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist. Dadurch wird bewirkt, dass das Reaktionsprodukt der Reaktion aus Brennluft und Brenngas nur gering mit Schadstoffen, insbesondere gering mit thermischen NO_x belastet ist.

Der erfindungsgemäße Flachflammenbrenner weist damit

- eine sich entlang einer Mittelachse erstreckende Kammer mit einer Brennlufteinlassöffnung und einer Auslassöffnung auf,
- eine sich entlang oder parallel zur Mittelachse erstreckenden Brennerlanze, die eine Austrittsöffnung aufweist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnung derart an der Brennerlanze angeordnet ist, dass die Strömungsrichtung des aus der Austrittsöffnung ausströmenden Brenngas eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $>0^\circ$ und $<180^\circ$ zur Mittelachse steht, auf,

wobei

- die Kammer eine erste Teilkammer aufweist, in der auch die Brennlufteinlassöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer in Richtung der Mittelachse im wesentlichen gleich bleibt,
- zumindest ein Teil der Wandung der ersten Teilkammer zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlassöffnung und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung angrenzende Brennluftzufuhr im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt,
- die Kammer eine zweite Teilkammer aufweist, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer anschließt, an deren Ende die Auslassöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer von dem Übergang zur ersten Teilkammer in Richtung der Mittelachse auf die Auslassöffnung hin zunimmt,
- die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in der zweiten Teilkammer angeordnet ist,

bei dem die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet ist, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Austrittsöffnungen in einem Abstand von dem Übergang von der ersten Teilkammer zur zweiten Teilkammer angeordnet, der größer als 60%, insbesondere bevorzugt größer als 70% und ganz besonders bevorzugt größer als 80% des Abstands von dem Übergang der ersten Teilkammer zur zweiten Teilkammer zu der Auslassöffnung entspricht.

Die Nachteile des Standes der Technik können ergänzend oder alternativ auch mit einem Flachflammenbrenner mit einer sich entlang einer Mittelachse erstreckenden Kammer mit einer Brennlufteinlassöffnung und einer Auslassöffnung vermieden werden, der eine sich entlang oder parallel zur Mittelachse erstreckende Brennerlanze mit mindestens zwei Austrittsöffnungen aufweist, aus denen Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnungen derart an der Brennerlanze angeordnet sind, dass die Strömungsrichtung des aus den Austrittsöffnungen ausströmenden Brenngases eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $> 0^\circ$ und $< 180^\circ$ zur Mittelachse steht, wobei

- eine sich entlang einer Mittelachse erstreckende Kammer mit einer Brennlufteinlaßöffnung und einer Auslaßöffnung, und
- eine sich entlang oder parallel zur Mittelachse erstreckenden Brennerlanze, die mindestens zwei Austrittsöffnungen aufweist, vorgesehen ist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnungen derart an der Brennerlanze angeordnet sind, dass die Strömungsrichtung des aus den Austrittsöffnungen auströmenden Brenngas eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $> 0^\circ$ und $< 180^\circ$ zur Mittelachse steht, wobei
- die Kammer eine erste Teilkammer aufweist, in der auch die Brennlufteinlaßöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer in Richtung der Mittelachse im wesentlichen gleich bleibt,
- zumindest ein Teil der Wandung der ersten Teilkammer zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlaßöffnung und eine stromaufwärts an die

- Brennluftereinlaßöffnung angrenzende Brennluftzufuhr im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß ein durch die Brennluftereinlaßöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt,
- 5 - die Kammer eine zweite Teilkammer aufweist, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer anschließt, an deren Ende die Auslaßöffnung angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer von dem
- 10 Übergang zur ersten Teilkammer in Richtung der Mittelachse auf die Auslaßöffnung hin zunimmt,
- eine erste Austrittsöffnung der mindestens zwei Austrittsöffnungen an der Brennerlanze in der zweiten Teilkammer angeordnet ist,
- 15 und
- eine zweite Austrittsöffnung der mindestens zwei Austrittsöffnungen an der Brennerlanze in der ersten Teilkammer angeordnet ist.
- 20 Bei diesem zu dem vorstehenden ersten Aspekt ergänzend einsetzbaren oder alternativen Aspekt wird durch die zweite Austrittsöffnung, die an der Brennerlanze in der ersten Teilkammer angeordnet ist, erreicht, dass die Brennerlanze gut zündet.
- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform dieses zweiten Aspekts der Erfindung sind eine oder mehr Austrittsöffnungen an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet, der in der Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist, die so ausgeführt sind, dass mindestens 50 % des gesamthaft aus allen
- 30 Austrittsöffnungen der Brennerlanze austretenden Brenngases aus der einen Austrittsöffnung oder den Austrittsöffnungen austritt, die in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist. Der verbleibende Teil des Brenngases tritt aus einer oder mehr
- 35 Austrittsöffnungen aus, die nicht in einem zweiten Bereich der Teilkammer angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung

als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist. Es ist bevorzugt, dass das Brenngas mehrheitlich aus der, bzw. den Austrittsöffnungen austritt, die in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist, um die Vorzüge hinsichtlich der Reduktion der Schadstoffe im Reaktionsprodukt auszunutzen. Insbesondere bevorzugt tritt mehr als 60 %, besonderes bevorzugt mehr als 70 % und insbesondere bevorzugt mehr als 80 % des gesamthaft aus allen Austrittsöffnungen der Brennerlanze austretenden Brenngases aus der Austrittsöffnung oder den Austrittsöffnungen aus, die in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Austrittsöffnung an der Brennerlanze in Richtung der Mittelachse gesehen in einem Bereich der ersten Teilkammer angeordnet, in dem auch die Brennlufteinlassöffnung angeordnet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind in Richtung der Mittelachse gesehen nur an zwei oder drei Stellen entlang der Erstreckung der Brennerlanze in Richtung der Mittelachse Austrittsöffnungen vorgesehen. Dies erlaubt eine einfache Bauform der Brennerlanze und eine guten Gemischbildung aus Brennluft und Brenngas in der Kammer des Flachflammenbrenners.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind in einem Bereich der zweiten Teilkammer, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist, mehrere Austrittsöffnungen an der Brennerlanze angeordnet, wobei die Austrittsöffnungen ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze angeordnet sind. Insbesondere bevorzugt sind in diesem Bereich der zweiten Teilkammer nur Austrittsöffnungen angeordnet, die ringförmig an der zumindest in diesem Bereich senkrecht zur Mittelachse gewählten Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze angeordnet sind und außerhalb dieses einen Rings

in diesem Bereich der zweiten Teilkammer keine weiteren Austrittsöffnungen angeordnet sind.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform sind in einem Bereich der ersten Teilkammer mehrere Austrittsöffnungen an der Brennerlanze angeordnet, wobei die Austrittsöffnungen ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze angeordnet sind.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist nur eine einzige Austrittsöffnung an der Brennerlanze in Richtung der Mittelachse gesehen in einem Bereich der ersten Teilkammer angeordnet, in dem auch die Brennlufteinlassöffnung angeordnet ist.

15 In einem zu den ersten beiden Aspekten der Erfindung alternativen oder ergänzenden dritten Aspekt der Erfindung ist ein Flachflammenbrenner mit einer sich entlang einer Mittelachse erstreckenden Kammer mit einer Brennlufteinlassöffnung und einer Auslassöffnung vorgesehen, bei dem zumindest ein Teil der Wandung der Kammer zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlaßöffnung und
20 eine stromaufwärts an die Brennlufteinlaßöffnung angrenzende Brennluftzufuhr im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß ein durch die Brennlufteinlaßöffnung eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt, wobei die Brennluftzufuhr durch Begrenzungswände begrenzt wird und zwei Begrenzungswände derart
25 ausgebildet sind, dass sie an der Brennlufteinlaßöffnung jeweils in einem Winkel BETA und BETA2 zur Senkrechten auf die Mittelachse an die Wandung der Kammer angrenzen, wobei BETA und BETA2 derart gewählt sind, dass sich diese beiden Begrenzungswände ausgehend von der Wandung der Kammer von der Auslassöffnung fort und nicht zur Auslassöffnung hin erstrecken. In
30 einer alternativen Bauform werden BETA und BETA2 derart gewählt, dass sich diese beiden Begrenzungswände ausgehend von der Wandung der Kammern zu der Auslassöffnung hin erstrecken.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform sind BETA und BETA2 unterschiedlich, auch wenn BETA und BETA2 auch gleich gewählt werden können. In einer bevorzugten Ausführungsform sind BETA und BETA2 kleiner als 75° ,

insbesondere kleiner als 45°, besonders bevorzugt kleiner als 30° und ganz besonders bevorzugt kleiner als 15°.

Bei den erfindungsgemäßen Flachflammenbrennern kann durch ein tangenciales Einleiten der Brennluft in eine zumindest zum Teil gebogene Kammer eine Drallerzeugung bewirkt werden. Auf diese Weise kann ein hinreichender Drall erzeugt werden, so dass auf weitere Einbauten zur Drallerzeugung verzichtet werden kann, auch wenn diese zur Unterstützung der durch die tangentielle Einleitung der Brennluft bewirkte Drallerzeugung ergänzend vorgesehen sein können.

Der Verzicht auf Einbauten zur Drallerzeugung vereinfacht die Konstruktion des Flachflammenbrenners. Der Instandhaltungsaufwand ist geringer, wodurch die Nutzzeit des Flachflammenbrenners erhöht wird. Ferner entfällt die bei Einbauten zur Drallerzeugung notwendige Kühlung dieser Brennerkomponenten. Dadurch kann die sonst durch die Kühlung dieser Brennerkomponenten beeinflusste Regelung der Ofenatmosphäre besser durchgeführt werden. Ferner erlaubt der einbautenfreie Flachflammenbrenner den Einsatz einer regenerativen Wärmerückgewinnung. Ebenso kann der erfindungsgemäße Flachflammenbrenner mit einer hohen Brennluftvorwärmung betrieben werden.

Der erfindungsgemäße Flachflammenbrenner weist eine Kammer mit einer Brennluftereinlassöffnung und einer Auslassöffnung auf. Weist der Flachflammenbrenner eine erste Teilkammer und eine zweite Teilkammer auf, sodass in der ersten Teilkammer die Brennluftereinlassöffnung angeordnet ist und am Ende der zweiten Teilkammer die Auslassöffnung angeordnet ist, kann die zweite Teilkammer durch ein weiteres Brennerbauteil, beispielsweise einen Brennerstein gebildet werden. Bei dieser Bauform weist die erste Teilkammer eine Öffnung auf, die an eine korrespondierende Öffnung des nächsten Brennerbauteils angesetzt wird. Der Übergang von der ersten Teilkammer zur zweiten Teilkammer wird dann durch das Zusammenwirken der Öffnung der ersten Teilkammer mit der korrespondierenden Öffnung des weiteren Brennerbauteils gebildet. Als weiteres Brennerbauteil kann ein Brennerstein eingesetzt werden. Diese Brennersteine sind Steine aus feuerfestem Material, deren Durchgangsöffnung sich von dem Übergang zur ersten Teilkammer zum

Ofeninneren hin, also zur Auslassöffnung hin, erweitert. Dabei ist die die sich erweiternde Öffnung begrenzende Wandung des Brennersteins regelmäßig hyperbolisch im Querschnitt; sie kann jedoch in Abhängigkeit der gewünschten Flammenführung einen anderen Übergang von einem kleinen zu einem großen Querschnitt aufweisen, beispielsweise einen konischen Querschnitt, gestuft oder teilkreisförmig, beispielsweise als Viertelteilkreis ausgebildet sein. Der Flachflammenbrenner kann an beliebigen Wänden eines Ofens angebracht werden, beispielsweise den Seitenwänden oder der Ofendecke.

Der Übergang von der ersten Teilkammer zur zweiten Teilkammer wird jedoch nicht zwingend durch den Übergang von einer von außen an ein weiteres Brennelement angesetzten Teilkammer zum weiteren Brennelement definiert. Die erste Teilkammer wird dadurch definiert, dass sie einen Durchmesser, bzw. eine Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der ersten Teilkammer aufweist, die in Richtung der Mittelachse im wesentlichen gleich bleibt. Die zweite Teilkammer schließt sich in Strömungsrichtung an die erste Teilkammer an, wobei der Durchmesser der zweiten Teilkammer, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer von dem Übergang zur ersten Teilkammer hin in Richtung der Mittelachse auf die Auslassöffnung zunimmt. Ausgehend von dieser Definition der ersten Teilkammer und der zweiten Teilkammer sind Bauformen denkbar, bei denen sich die erste Teilkammer bis in das weitere Brennelement hinein erstreckt, beispielsweise wenn ein Ofen fern liegender Teil des Brennersteins so ausgebildet ist, dass sein Durchmesser, bzw. seine Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über einen Bereich in Richtung der Mittelachse im wesentlichen gleich bleibt. Der Übergang von der ersten Teilkammer zur zweiten Teilkammer ist dann innerhalb des Brennersteins angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Durchmesser, bzw. die Ausdehnung der ersten Teilkammer senkrecht zur Mittelachse über die gesamte Erstreckung der Teilkammer in Richtung der Mittelachse konstant. Insbesondere bevorzugt ist die erste Teilkammer zylinderförmig, bzw. mit konstant bleibendem elliptischem Querschnitt ausgebildet. Es ist jedoch denkbar, dass sich der Durchmesser der ersten Teilkammer bzw. ihre Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse vom Ofen fern liegenden Ende der Teilkammer bis zum Übergang zur zweiten Teilkammer leicht zu- oder abnimmt,

5 weshalb der Durchmesser, bzw. die Ausdehnung der ersten Teilkammer senkrecht zur Mittelachse als im wesentlichen gleich bleibend definiert wird. In einer bevorzugten Ausführungsform nimmt die Querschnittsfläche in der Ebene senkrecht zur Mittelachse bei der ersten Teilkammer vom Ofen fernen Ende der ersten Teilkammer bis zum Übergang zur zweiten Teilkammer um nicht mehr als 20 %, insbesondere bevorzugt um nicht mehr als 10 %, insbesondere bevorzugt um nicht mehr als 5 % und ganz besonders bevorzugt um nicht mehr als 1 % zu. In einer bevorzugten Ausführungsform nimmt die Querschnittsfläche in der Ebene senkrecht zur Mittelachse bei der ersten Teilkammer vom Ofen fernen Ende der ersten Teilkammer bis zum Übergang zur zweiten Teilkammer um nicht mehr als 20 %, insbesondere bevorzugt um nicht mehr als 10 %, insbesondere bevorzugt um nicht mehr als 5 % und ganz besonders bevorzugt um nicht mehr als 1 % ab.

15 Die Kammer wird durch Wandungen begrenzt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindestens ein Teil der Wandung, insbesondere die Seitenwandung, der Kammer zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt. Insbesondere bevorzugt ist die Kammer bezüglich der Mittelachse zylindrisch oder elliptisch ausgeformt. Die durch die tangentielle Einleitung der Brennerluft bewirkte Drallerzeugung wird jedoch bereits erreicht, wenn Teile der die Brennlufteinlassöffnung umgebenden Wandung gebogen ausgeführt sind, um der dort eingeleiteten Brennerluft ihre Strömungsrichtung (Drallerzeugung) zu geben.

25 Die Brennerluft wird der Brennlufteinlassöffnung durch eine Brennluftzufuhr zugeführt. Brennlufteinlassöffnung und Brennluftzufuhr sind derart angeordnet und ausgerichtet, dass der durch die Brennlufteinlassöffnung eintretende Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt.

30 Der erfindungsgemäße Flachflammenbrenner kann mehrere Brennlufteinlassöffnungen und ihnen zugeordnete Brennluftzufuhren aufweisen. Der in der Kammer erzeugte Brennluftstrom setzt sich dann aus den über die einzelnen Brennlufteinlassöffnungen zugeführten Brennluftströmen zusammen.

35 Besonders bevorzugt ist die in Richtung der senkrecht auf der Ebene der Auslassöffnung stehenden Mittelachse ausgerichtete Wandung der Kammer

(Seitenwandung) bezüglich der Mittelachse symmetrisch ausgebildet, insbesondere bevorzugt im Querschnitt rund oder elliptisch. Hierdurch können für eine homogene Flammenausbildung benötigte homogene Brennluftströmungen erzeugt werden.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Strömungsquerschnitt der Brennlufteinlassöffnung kleiner als der kleinste Strömungsquerschnitt der Kammer. Hierdurch werden Druckverluste reduziert. Der Strömungsquerschnitt ist insbesondere der freie Querschnitt, der senkrecht zur Hauptströmungsrichtung liegt und so den Wert der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bestimmt. In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist der Strömungsquerschnitt der Brennlufteinlassöffnung kleiner als der größte Strömungsquerschnitt der Kammer.

10

15

In einer bevorzugten Ausführungsform, insbesondere um einen besonders großen Drall des Brennluftstroms in der Kammer zu erzeugen, wird eine sich in Richtung der Mittelachse erstreckende, flach ausgebildete Brennlufteinlassöffnung vorgesehen. Der Querschnitt der Brennlufteinlassöffnung ist vorzugsweise rechteckig oder elliptisch. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Querschnitt der Brennlufteinlassöffnung rund ausgebildet.

20

Die Brennluftzufuhr kann so ausgebildet sein, dass das Geschwindigkeitsprofil im Einlassquerschnitt weitestgehend homogen ist. Querschnittssprünge sowie große Winkel zur Verjüngung oder Erweiterung werden vorzugsweise vermieden.

25

Die Brennluftzufuhr kann zur Brennlufteinlassöffnung hin verjüngend ausgebildet sein. Dadurch wird die Strömungsgeschwindigkeit erhöht, wodurch der erzeugte Drall erhöht wird.

30

Insbesondere um der Brennluftströmung in der Kammer eine Richtung auf die Auslassöffnung zu geben, kann die Brennluftzufuhr derart ausgebildet sein, dass der durch die Brennlufteinlassöffnung eintretende Brennluftstrom teilweise in Richtung auf die Auslassöffnung strömend ausgerichtet ist.

35

Bei Flachflammenbrennern, bei denen das Brenngas durch eine durch die Kammer geführte Brennerlanze strömt, ist es von Vorteil, wenn die Brennlufteinlassöffnung und Brennluftzufuhr derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass der durch die Brennlufteinlassöffnung eintretende Brennluftstrom über die Brennerlanze strömt. Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, dass die untere Begrenzungskante der Brennlufteinlassöffnung, im Querschnitt betrachtet, oberhalb des äußeren Umfangs der meist achsparallel zur Mittelachse geführten Brennerlanze angeordnet ist.

Insbesondere bevorzugt wird der erfindungsgemäße Flachflammenbrenner bei hohen Brennlufttemperaturen eingesetzt. Häufig werden bei hohen Brennlufttemperaturen thermischen Regeneratoren eingesetzt. Die Brennluft kann durch diese thermischen Regeneratoren sehr hohe Temperaturen aufweisen. Die hohen Temperaturen können aber auch auf andere Weise erzeugt werden. Die regenerative Wärmerückgewinnung kann insbesondere nach der Art des in DE 199 3 513 C1 beschriebenen Regenerators ausgebildet sein. Auf DE 199 33 513 C1 wird für die Ausgestaltung eines vorzugsweise vorzusehenden Regenerators ausdrücklich Bezug genommen und diese als Offenbarung des erfindungsgemäß einzusetzenden Regenerators angesehen.

"Brennluft" ist nicht auf Luft beschränkt, sondern umfasst jeglichen Oxidator (Sauerstofflieferant), der zur Oxidation (Verbrennung) von Brenngas eingesetzt wird. Da in derartigen Öfen die Brenngaszufuhr und die Brennluftzufuhr vertauscht werden können, beispielsweise beim Einsatz von Schwachgas, bei dem ein deutlich höherer Volumenanteil an Brenngas im Verhältnis zur Brennluft eingebracht wird, sind die Begriffe Brennluft und Brenngas auch mit vertauschter Bedeutung zu verstehen, so dass die Erfindung auch solche Flachflammenbrenner umfasst, bei denen nicht die eigentliche Brennluft durch eine Brennlufteinlassöffnung tangential zu der Biegung der Wandung eintritt, sondern eigentlich das Brenngas, das dann (zur Begriffswahrung innerhalb dieses Textes und der Ansprüche) als "Brennluft" bezeichnet wird, während der eigentliche Oxidator auf anderem Wege, beispielsweise über eine Brennerlanze eingebracht wird.

In dieser Beschreibung wird als Mittelachse der Kammer insbesondere bevorzugt die Achse bezeichnet, die durch die Mittelpunkte der Kreise bei einer

ersten Teilkammer mit senkrecht zu ihrer Längserstreckung kreisförmigen Querschnitten geht, bzw. durch die Schnittpunkte der beiden Achsen der Ellipsen einer senkrecht zu ihrer Längsachse mit elliptischen Querschnitten ausgebildeten ersten Kammer geht.

5

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt

10

Fig. 1 den Grundaufbau eines Flachflammenbrenners in seiner Einbaulage in einer Industrieofenanlage in einem schematischen Querschnitt;

15

Fig. 2 den erfindungsgemäßen Flachflammenbrenner in einem Querschnitt senkrecht zur Mittelachse und

Fig.3 den erfindungsgemäßen Flachflammenbrenner in einer geschnittenen Draufsicht und

20

Fig. 4 den erfindungsgemäßen Flachflammenbrenner in einer alternativen Ausführungsform in einer geschnittenen Draufsicht.

25

Der in Figur 1 dargestellte Flachflammenbrenner 1 weist eine sich entlang der strichpunktirt dargestellten Mittelachse A erstreckende Kammer 2 mit einer Brennlufteinlassöffnung 3 und einer stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung 3 angrenzenden Brennluftzufuhr 4 auf. Der Flachflammenbrenner 1 weist ferner eine Auslassöffnung 12 auf. Der Flachflammenbrenner weist eine sich entlang zur Mittelachse A erstreckende Brennerlanze 7 auf, die mehrere Austrittsöffnungen 8 aufweist, aus denen Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnungen 8 derart an der Brennerlanze 7 angeordnet sind, dass die Strömungsrichtungen des aus den Austrittsöffnungen 8 ausströmenden Brenngases eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $> 0^\circ$ und $< 180^\circ$ zur Mittelachse A steht. Die Kammer 2 weist eine erste Teilkammer 13 auf, in der auch die Brennlufteinlassöffnung 3 angeordnet ist und deren Durchmesser senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer 13 in Richtung der Mittelachse gleich bleibt. Die erste Teilkammer 13 wird teilweise durch ein auf

35

den Brennerstein 6 aufgesetztes Bauelement gebildet, erstreckt sich aber über den Übergang 5 des aufgesetzten Bauelements zum Brennerstein 6 hinweg weiter fort und bis zu dem Teil des Brennersteins 6, in dem sich die Wandung der Durchtrittsöffnung durch den Brennerstein zum Ofeninneren 9 hin hyperbolisch aufweitet. Die Kammer 2 weist eine zweite Teilkammer 14 auf, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer 13 anschließt. Am Ende der zweiten Teilkammer 14 ist die Auslassöffnung 12 angeordnet. Der Durchmesser der sich zum Ofeninneren hin hyperbolisch aufweitenden zweiten Teilkammer 14 nimmt senkrecht zur Mittelachse A über die Erstreckung der Teilkammer 14 von dem Übergang zur ersten Teilkammer 13 Richtung der Mittelachse A auf die Auslassöffnung 12 hin zu.

Die Austrittsöffnungen 8 an der Brennerlanze sind sowohl in der zweiten Teilkammer 14 als auch in der ersten Teilkammer 13 angeordnet.

Die zweite Teilkammer 14 hat in Richtung der Mittelachse A eine Gesamterstreckung H. Die Austrittsöffnungen 8 an der Brennerlanze in der zweiten Kammer 14 sind in einem Bereich der zweiten Teilkammer 14 angeordnet, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung 12 als an dem Übergang zur ersten Teilkammer 13 angeordnet ist. Die in der Figur 1 dargestellte Länge L ist größer als $0,5 \times H$.

In dem Bereich der zweiten Teilkammer 14, der in Richtung der Mittelachse A näher an der Auslassöffnung 12 als an dem Übergang zu der ersten Teilkammer 13 angeordnet ist, sind nur Austrittsöffnungen 8 an der Brennerlanze 7 angeordnet, die in einem ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im senkrecht zur Mittelachse A gewählten Querschnitt rund ausgebildeten Brennerlanze 7 angeordnet sind. Außerhalb der ringförmig angeordneten Austrittsöffnungen 8 sind in diesem Bereich der zweiten Teilkammer 14 keine weitere Austrittsöffnungen für Brenngas vorgesehen. In einem Bereich der ersten Teilkammer 13 sind mehrere Austrittsöffnungen 8 an der Brennerlanze 7 angeordnet und zwar so, dass die Austrittsöffnungen 8 ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im Querschnitt rund ausgebildeten Brennerlanze 7 angeordnet sind.

Zum Erhitzen des Ofens wird Brennluft über die Brennluftzufuhr 4 in die Kammer 2 eingebracht und dort verdrallt. Die im Drall strömende Brennluft tritt über den Übergang 5 in den Durchtritt des Brennersteins 6 ein. Hier wird sie mit Ofenatmosphäre, die durch die Strömungsverhältnisse in Richtung des Pfeils B angesaugt wird, vermischt. Je nach Anordnung der Spitze der Brennerlanze 7 wird in der Durchtrittsöffnung durch den Brennerstein 6 das Brenngas zunächst mit der angesaugten Ofenatmosphäre vermischt und dieses Gemisch dann mit der im Drall strömenden Brennluft vermischt. Es werden jedoch auch Anordnungen eingesetzt, bei denen das Brenngas unmittelbar mit der im Drall strömenden Brennluft vermischt wird. Durch einen im Bereich der sich konisch erweiternden Wandung der Durchtrittsöffnung durch den Brennerstein 6 angeordneten Zündvorrichtung wird das Gemisch aus Brennluft und Brenngas bzw. Brennluft, Brenngas und angesaugter Ofenatmosphäre gezündet. Aufgrund der durch die Drallströmung der Brennluft vorgegebenen Strömungsverhältnisse strömt die Flamme in Richtung der Pfeile C entlang der Ofenwandung 10. Auf diese Weise heizt die Flamme den Brennerstein und die umgebende Ofenwand gleichmäßig auf. Die Wärmeübertragung an das in dem Ofen angeordnete Nutzgut geschieht überwiegend durch Festkörperstrahlung vom Brennerstein und von der Ofenwand sowie durch Gasstrahlung der Flamme.

Wie in Fig. 2 ersichtlich, ist die Kammer 2 des erfindungsgemäßen Flachflammenbrenners 1 um eine Mittelachse A symmetrisch und kreisförmig ausgebildet. Die Brennluftereinlassöffnung 3 und die an die Brennluftereinlassöffnung stromaufwärts angrenzende Brennluftzufuhr 4 sind derart angeordnet und ausgerichtet, dass ein durch die Brennluftereinlassöffnung 3 eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung der Kammer 2 eintritt. Die Brennluftzufuhr 4 ist dabei zur Brennluftereinlassöffnung 3 hin verjüngend ausgebildet. In Figur 3 sind die Brennerlanze 7 und ein Teil der ersten Teilkammer 13, nämlich der Bauteil, der auf dem Brennerstein 6 aufgesetzt wird, dargestellt. Die Brennluftzufuhr 4 wird durch Begrenzungswände 16, 17 begrenzt. Die Begrenzungswände 16, 17 sind derart ausgebildet, dass sie an der Brennluftereinlassöffnung 3 jeweils einem Winkel β und β_2 zu einer parallel zur Mittelachse an die Wandung der Kammer 2 angrenzen. In der Fig. 3 sind β und β_2 derart gewählt, dass sich diese beiden Begrenzungswände 16 und 17 ausgehend von der Wandung der Kammer von

der Auslassöffnung 12 fort und nicht zur Auslassöffnung 12 hin erstrecken. Insbesondere bevorzugt ist der Winkel β der Darstellung in Fig. 3 größer als der Winkel β_2 , so dass der Brennluftstrom teilweise in Richtung auf die Auslassöffnung 5 hin strömend ausgerichtet ist.

5

Die Brennluftzufuhr 4 ist ferner durch weitere Begrenzungswände begrenzt, die in einem Winkel ALPHA und ALPHA2 zur Senkrechten auf die Mittelachse A angedacht sind. Die der Mittelachse nähere Begrenzungswand grenzt in einem Abstand e von der Mittelachse beabstandet an die Wandung der Kammer 2 an. Die Brennlufteinlassöffnung weist eine Breite d1 auf.

10

Die Brennlufteinlassöffnung 3 ist derart ausgebildet, dass ihre untere Begrenzungskante 11 auf gleicher Höhe oder oberhalb des Außenumfangs 15 der Brennerlanze 7 angeordnet ist. So strömt der durch die Brennlufteinlassöffnung eintretende Brennluftstrom über die durch die Kammer geführte Brennlanze.

15

In Fig. 4 sind β und β_2 derart gewählt, dass sich diese beiden Begrenzungswände 16 und 17 ausgehend von den Wandungen der Kammer zu der Auslassöffnung 12 hin erstrecken.

20

"Patentansprüche:"

1. Flachflammenbrenner (1) mit

- einer sich entlang einer Mittelachse (A) erstreckenden Kammer (2) mit einer Brennlufteinlassöffnung (3) und einer Auslassöffnung (12),
- einer sich entlang oder parallel zur Mittelachse (A) erstreckenden Brennerlanze (7), die eine Austrittsöffnung (8) aufweist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnung (8) derart an der Brennerlanze (7) angeordnet ist, dass die Strömungsrichtung des aus der Austrittsöffnung (8) ausströmenden Brenngas eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $>0^\circ$ und $<180^\circ$ zur Mittelachse (A) steht,

wobei

- die Kammer (2) eine erste Teilkammer (13) aufweist, in der auch die Brennlufteinlassöffnung (3) angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse (A) über die Erstreckung der Teilkammer (13) in Richtung der Mittelachse (A) im wesentlichen gleich bleibt,
- zumindest ein Teil der Wandung der ersten Teilkammer (13) zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlassöffnung (3) und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung (3) angrenzende Brennluftzufuhr (4) im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung (3) eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt,
- die Kammer (2) eine zweite Teilkammer (14) aufweist, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer (13) anschließt, an deren Ende die Auslassöffnung (12) angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse über die Erstreckung der Teilkammer (14) von dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) in Richtung der Mittelachse (A) auf die Auslassöffnung (12) hin zunimmt,

- die Austrittsöffnung (8) an der Brennerlanze in der zweiten Teilkammer (14) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (8) an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14) angeordnet ist, der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist.

2. Flachflammenbrenner (1) mit

- einer sich entlang einer Mittelachse (A) erstreckenden Kammer (2) mit einer Brennlufteinlassöffnung (3) und einer Auslassöffnung (12),
- einer sich entlang oder parallel zur Mittelachse (A) erstreckenden Brennerlanze (7), die mindestens zwei Austrittsöffnungen (8) aufweist, aus der Brenngas austreten kann, wobei die Austrittsöffnungen (8) derart an der Brennerlanze (7) angeordnet sind, dass die Strömungsrichtung des aus den Austrittsöffnungen (8) ausströmenden Brenngas eine Strömungsrichtung aufweist, die in einem Winkel von $>0^\circ$ und $<180^\circ$ zur Mittelachse (A) steht,

wobei

- die Kammer (2) eine erste Teilkammer (13) aufweist, in der auch die Brennlufteinlassöffnung (3) angeordnet ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse (A) über die Erstreckung der Teilkammer (13) in Richtung der Mittelachse (A) im wesentlichen gleich bleibt,
- zumindest ein Teil der Wandung der ersten Teilkammer (13) zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlassöffnung (3) und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung (3) angrenzende Brennluftzufuhr (4) im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung (3) eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt,
- die Kammer (2) eine zweite Teilkammer (14) aufweist, die sich in Strömungsrichtung der Brennluft an die erste Teilkammer (13) anschließt, an deren Ende die Auslassöffnung (12) angeordnet

ist und deren Durchmesser, bzw. deren Ausdehnung senkrecht zur Mittelachse (A) über die Erstreckung der Teilkammer (14) von dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) in Richtung der Mittelachse (A) auf die Auslassöffnung (12) hin zunimmt,

- 5 - eine erste Austrittsöffnung (8) der mindestens zwei Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) in der zweiten Teilkammer (14) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 10 - eine zweite Austrittsöffnung (8) der mindestens zwei Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) in der ersten Teilkammer (13) angeordnet ist.

- 15 3. Flachflammenbrenner nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der zweiten Teilkammer (14) angeordnete Austrittsöffnung (8) an der Brennerlanze (7) in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14) angeordnet ist, der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist.

- 20 4. Flachflammenbrenner nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oder mehr Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14) angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, und dass mindestens 50% des gesamthaft aus allen Austrittsöffnungen (8) der Brennerlanze (7) austretenden Brenngases aus der einen Austrittsöffnung (8) oder den Austrittsöffnungen (8) austritt, die in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14) angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, und der verbleibende Teil des Brenngases aus einer oder mehr Austrittsöffnungen (8) austritt, die nicht in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14) angeordnet sind, der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (8) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist.
- 35

5. Flachflammenbrenner nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Austrittsöffnung (8) an der Brennerlanze (7) in Richtung der Mittelachse (A) gesehen in einem Bereich der ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, in dem auch die Brennlufteinlassöffnung (3) angeordnet ist.
6. Flachflammenbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14), der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, mehrere Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) angeordnet sind und dass die Austrittsöffnungen (8) ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze (7) angeordnet sind.
7. Flachflammenbrenner nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Bereich der zweiten Teilkammer (14), der in Richtung der Mittelachse (A) näher an der Auslassöffnung (12) als an dem Übergang zur ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, nur Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) angeordnet sind, die in einem ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im senkrecht zur Mittelachse (A) gewählten Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze (7) angeordnet sind.
8. Flachflammenbrenner nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Bereich der ersten Teilkammer (13) mehrere Austrittsöffnungen (8) an der Brennerlanze (7) angeordnet sind und dass die Austrittsöffnungen (8) ringförmig an der zumindest in diesem Bereich im Querschnitt rund, bzw. elliptisch ausgebildeten Brennerlanze (7) angeordnet sind.
9. Flachflammenbrenner nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass nur eine einzige Austrittsöffnung (8) an der Brennerlanze (7) in Richtung der Mittelachse (A) gesehen in einem Bereich der ersten Teilkammer (13) angeordnet ist, in dem auch die Brennlufteinlassöffnung (3) angeordnet ist.

10. Flachflammenbrenner (1) mit einer sich entlang einer Mittelachse (A) erstreckenden Kammer (2) mit einer Brennlufteinlassöffnung (3) und einer Auslassöffnung (12), bei dem zumindest ein Teil der Wandung der Kammer (2) zumindest über ein Kreisbogensegment gebogen ausgeführt ist und die Brennlufteinlassöffnung (3) und eine stromaufwärts an die Brennlufteinlassöffnung (3) angrenzende Brennluftzufuhr (4) im Bereich der gebogenen Wandung derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass ein durch die Brennlufteinlassöffnung (3) eintretender Brennluftstrom tangential zu der Biegung der Wandung eintritt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennluftzufuhr (14) durch Begrenzungswände (16, 17) begrenzt wird und zwei Begrenzungswände derart ausgebildet sind, dass sie an der Brennlufteinlassöffnung (3) jeweils in einem Winkel BETA und BETA2 zu einer Senkrechten zur Mittelachse der Kammer stehen, wobei BETA und BETA2 derart gewählt sind, dass sich diese beiden Begrenzungswände ausgehend von der Wandung der Kammer (2) von der Auslassöffnung (12) fort und nicht zur Auslassöffnung (12) hin erstrecken.
11. Flachflammenbrenner nach Anspruch 10, **gekennzeichnet durch** eines oder mehrere der Merkmale eines oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 9.

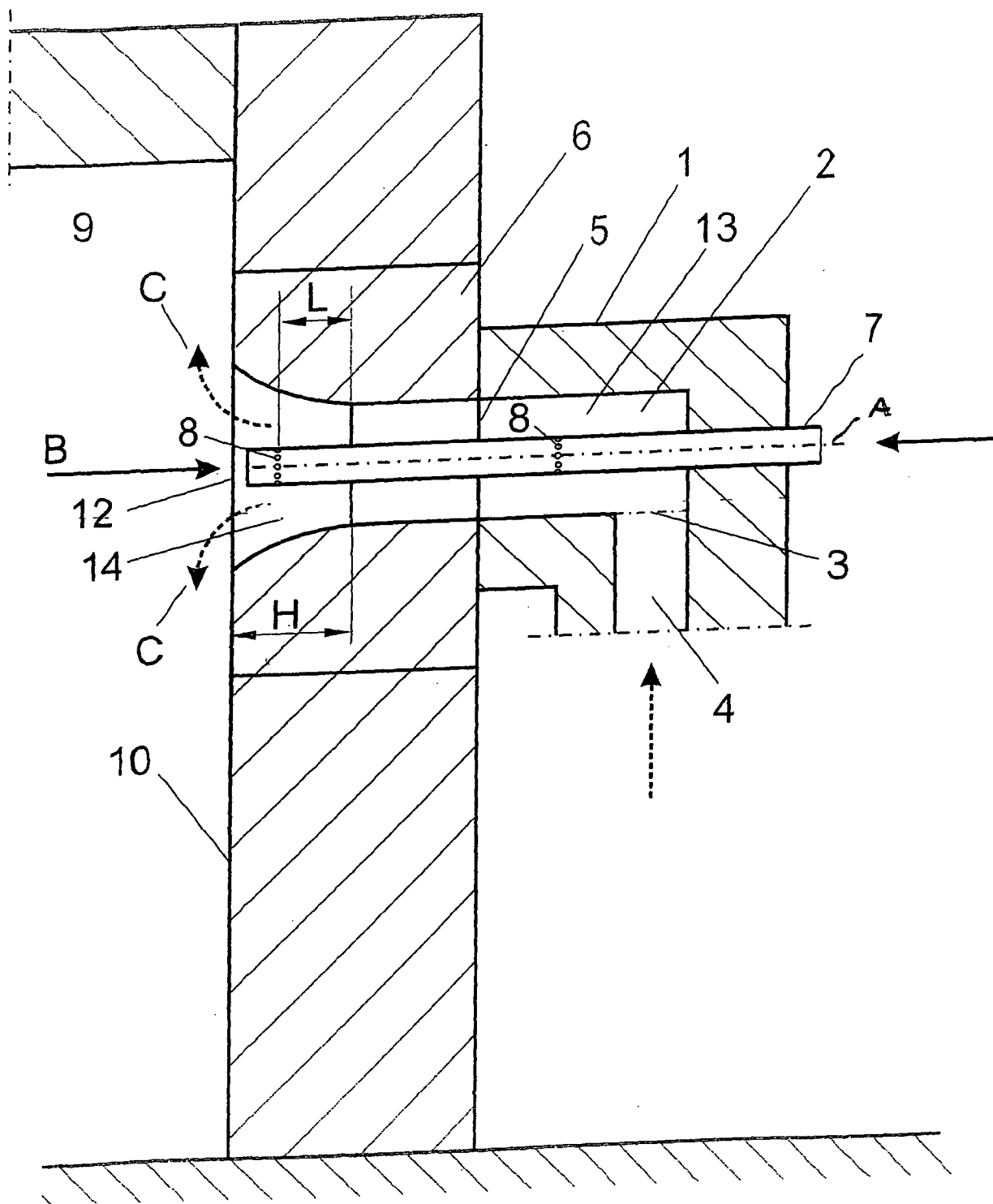


Fig. 1

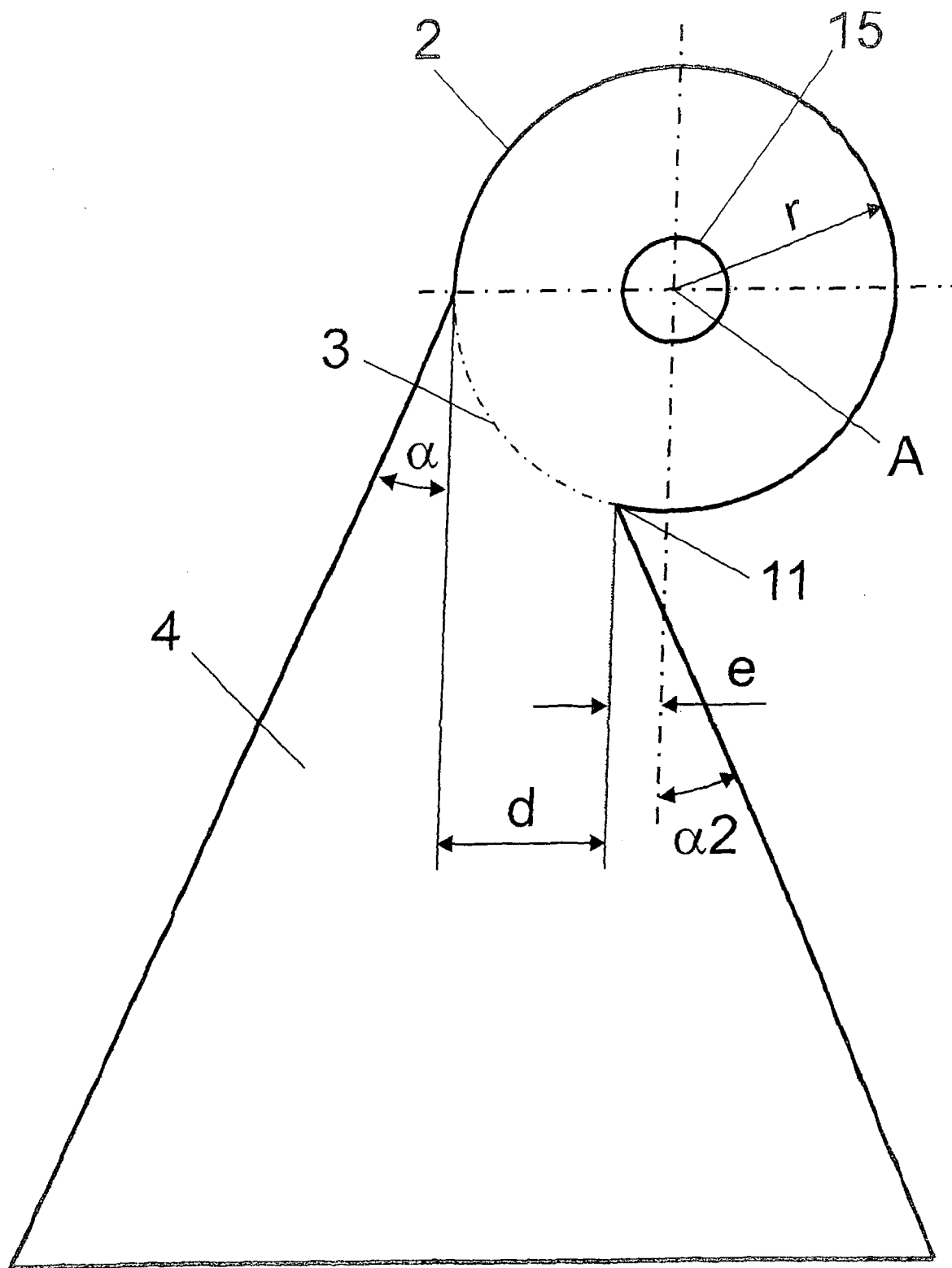


Fig. 2

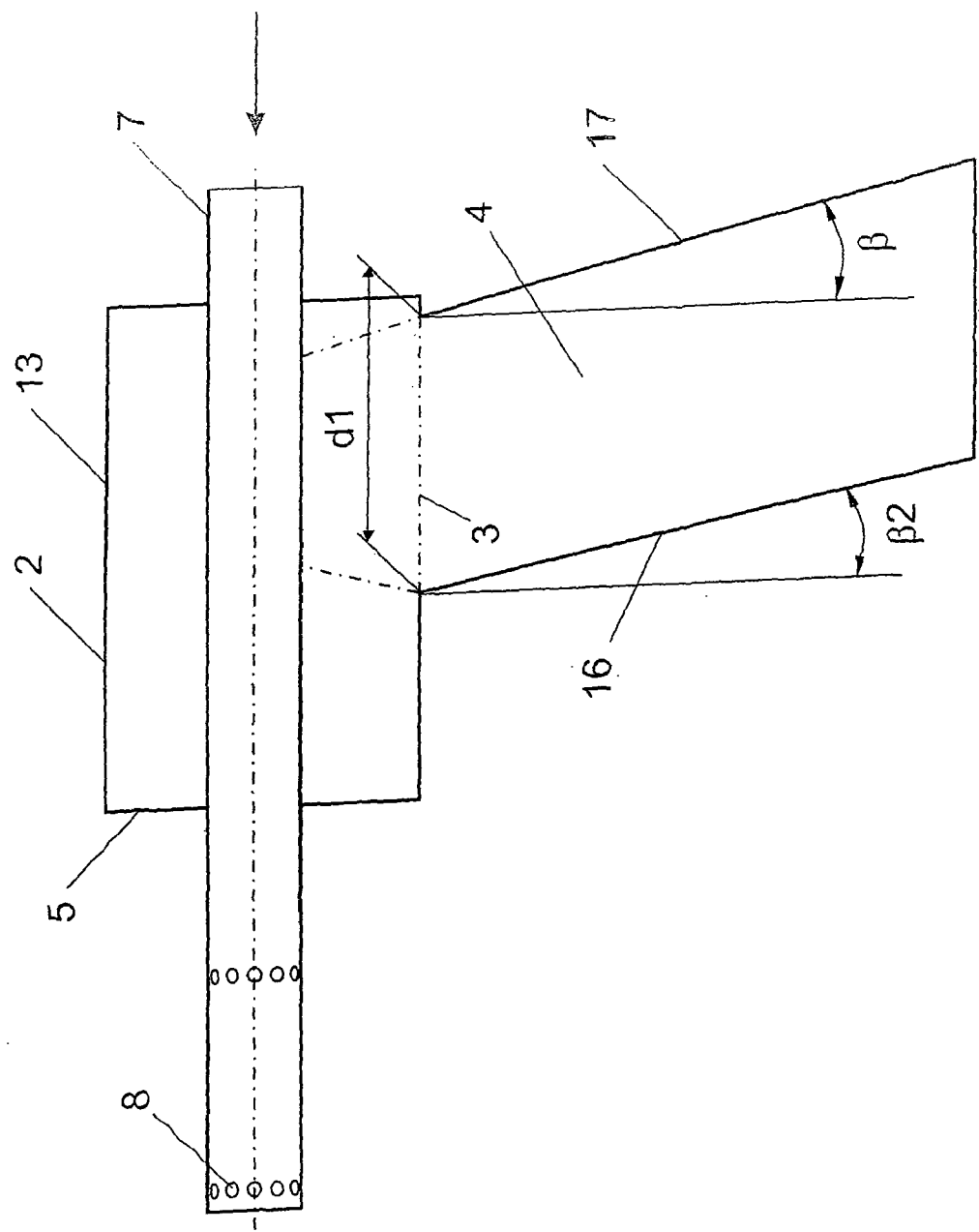


Fig. 3

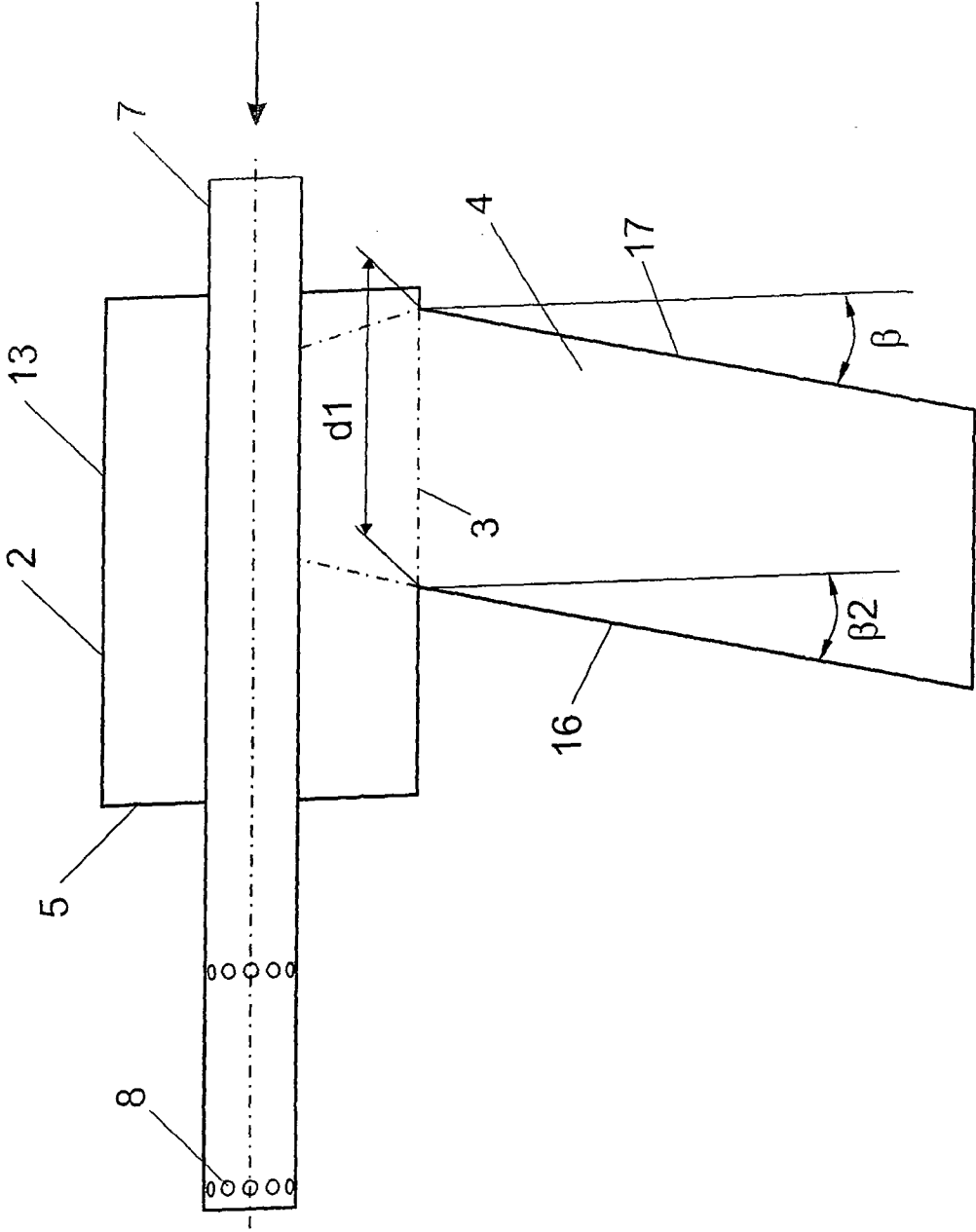


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/000122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F23D14/84 F23D14/12 F23D14/24
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2004 047443 B3 (BETR FORSCH INST ANGEW FORSCH [DE]) 23 March 2006 (2006-03-23) cited in the application paragraph [0031] - paragraph [0032]; figure 1	1
A	----- EP 0 645 583 A1 (KRAFT INDUSTRIEWARMETECHNIK DR [DE]) 29 March 1995 (1995-03-29) column 6, line 23 - column 9, line 51; claims 10,16; figures 1,4 -----	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 July 2012

Date of mailing of the international search report

23/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Theis, Gilbert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/000122

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102004047443 B3	23-03-2006	NONE	

EP 0645583	A1	CN 1100790 A	29-03-1995
		EP 0645583 A1	29-03-1995

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2012/000122

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

see next page(s)

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1 (in full); 6-9 (in part)

Flat flame burner, wherein the discharge opening is arranged on the burner lance in a region of the second sub-chamber in the direction of the central axis, closer to the outlet opening than to the transition to the first sub-chamber.

2. Claims 2-5 (in full); 6-9 (in part)

Flat flame burner, wherein a second discharge opening of the at least two discharge openings is arranged on the burner lance in the first sub-chamber.

3. Claims 10, 11

Flat flame burner, wherein the combustion air feed is delimited by delimiting walls, and two delimiting walls are designed such that they form at the combustion air inlet opening respectively an angle β and β_2 in the direction running perpendicular to the central axis of the chamber, wherein β and β_2 are selected in such a manner that both delimiting walls, starting from the wall of the chamber, extend away from the discharge opening and not towards the discharge opening.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F23D14/84 F23D14/12 F23D14/24 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F23D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2004 047443 B3 (BETR FORSCH INST ANGEW FORSCH [DE]) 23. März 2006 (2006-03-23) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0031] - Absatz [0032]; Abbildung 1 -----	1
A	EP 0 645 583 A1 (KRAFT INDUSTRIEWARMETECHNIK DR [DE]) 29. März 1995 (1995-03-29) Spalte 6, Zeile 23 - Spalte 9, Zeile 51; Ansprüche 10,16; Abbildungen 1,4 -----	1
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Juli 2012		23/07/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Theis, Gilbert

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/000122

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004047443 B3	23-03-2006	KEINE	
EP 0645583 A1	29-03-1995	CN 1100790 A	29-03-1995
		EP 0645583 A1	29-03-1995

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
siehe Folgeseite(n)

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1(vollständig); 6-9(teilweise)

Flachflammenbrenner in dem die Austrittsöffnung an der Brennerlanze in einem Bereich der zweiten Teilkammer angeordnet ist, der in Richtung der Mittelachse näher an der Auslassöffnung als an dem Übergang zur ersten Teilkammer angeordnet ist.

2. Ansprüche: 2-5(vollständig); 6-9(teilweise)

Flachflammenbrenner in dem eine zweite Austrittsöffnung der mindestens zwei Austrittsöffnungen an der Brennerlanze in der ersten Teilkammer angeordnet ist.

3. Ansprüche: 10, 11

Flachflammenbrenner in dem die Brennluftzufuhr durch Begrenzungswände begrenzt wird und zwei Begrenzungswände derart ausgebildet sind, dass sie an der Brennlufteinlassöffnung jeweils in einem Winkel β und β_2 zu einer Senkrechten zur Mittelachse der Kammer stehen, wobei β und β_2 derart gewählt sind, dass sich diese beiden Begrenzungswände ausgehend von der Wandung der Kammer von der Auslassöffnung fort und nicht zur Auslassöffnung hin erstrecken.
