



(11)

EP 3 267 104 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
10.01.2018 Patentblatt 2018/02

(51) Int Cl.:  
**F23D 1/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: 16178687.6

(22) Anmeldetag: 08.07.2016

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(71) Anmelder: **Steinmüller Engineering GmbH**  
**51643 Gummersbach (DE)**

(72) Erfinder:  

- Thierbach, Dr. Hans-Ulrich  
51674 Wiehl (DE)
- Schmidt-Holzmann, Paolo  
4700 Eupen (BE)
- Hamel, Dr. Stefan  
57482 Wenden (DE)

(74) Vertreter: **Godemeyer Blum Lenze Patentanwälte Partnerschaft mbB - werkpatent**  
**An den Gärten 7**  
**51491 Overath (DE)**

(54) **BRENNER UND VERFAHREN ZUR OPTIMIERTEN VERBRENNUNG GROBER,  
PARTIKELFÖRMIGER BRENNSTOFFE, INSbesondere BIOMASSE**

(57) Brenner (16) für partikelförmigen Brennstoff, der insbesondere zur Verbrennung von Brennstoffen aus Biomasse geeignet ist, enthaltend:  

- ein Primärrohr (4);
- ein im Primärrohr (4) angeordnetes Kernrohr (5);
- wobei das Primärrohr (4) und das Kernrohr (5) einen Primärrohrspalt bilden und wobei der Primärrohrspalt zum Ausstoßen eines Fluidgemisches aus einem partikelförmigen Brennstoff und einem Traggas (9) ausgebildet ist;
- ein das Primärrohr (4) konzentrisch umgebendes erstes Sekundärrohr (3);
- gegebenenfalls ein das erste Sekundärrohr (3) konzentrisch umgebendes zweites Sekundärrohr und optional ein oder mehrere weitere Sekundärrohre, die das jeweils innere Rohr konzentrisch umgeben;
- eine Vielzahl von Flammenstabilisatoren (13), die an der Austrittsoffnung des Primärrohrspaltes radial in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hinein ragen, wobei die Flammenstabilisatoren (13) freie Strömungspfade definieren, deren Achsen zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren (13) hindurch parallel zur Längsrichtung des Primärrohrs (4) verlaufen, wobei innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren (13) ein oder mehrere Umlenkkörper (15) so angeordnet ist bzw. sind, dass der jeweilige Umlenkkörper (15) die Achse eines freien Strömungspfades schneidet.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Feuerungsanlage enthaltend die erfindungsgemäßen Brenner und ein Verfahren, welches auf einen derartigen Brenner ange-

wandt wird.

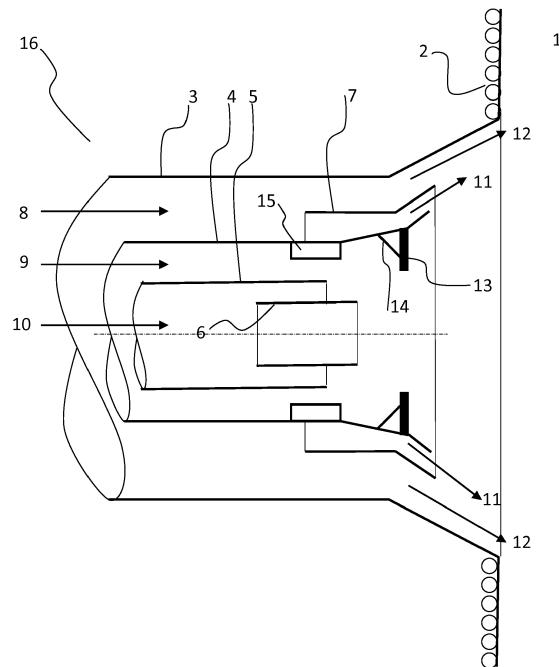


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Brenner für partikel-förmigen Brennstoff, der insbesondere zusätzlich auch für Brennstoffe aus Biomasse geeignet ist, und Verfahren zur optimierten Verbrennung grober, partikelförmiger Brennstoffe aus Biomasse.

## Technischer Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Brenner für die Verbrennung staubförmiger Brennstoffe, wie insbesondere Kohle, in einem Feuerraum sind seit langer Zeit bekannt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Staubfeuerungen.

**[0003]** Bei der im Stand der Technik bekannten grundsätzlichen Konstruktionsweise weisen Kohlenstaubbrenner ein Kernluftrohr auf und sind von einem das Kernluftrohr konzentrisch umgebenden Kohlenstaub führenden Primärluftrohr, welches seinerseits konzentrisch von einem Sekundärluftrohr sowie oftmals einem das Sekundärluftrohr konzentrisch umgebenden zweiten Sekundärluftrohr (Tertiärluftrohr) umgeben.

**[0004]** Weiterhin weist das Kernrohr, das luftdurchströmt ist, eine Brennerlanze zur Zündung des partikel-förmigen Brennstoffs und ggf. weitere Einbauten wie zum Beispiel Flammenwächter auf. Das konzentrisch zu dem Kernrohr angeordnete Primärrohr bildet mit dem Kernrohr einen Ringspalt, der an seinem rückwärtigen Ende mit einer Staubleitung verbunden ist. Über die Staubleitung wird dem Brenner eine Mischung aus Kohlepertikeln und primärem Verbrennungsmittel (Primärluft) zugeführt. Vorteilhafterweise wird das Gemisch aus Kohlepertikeln und Verbrennungsmittel über einen im Ringspalt angeordneten Drallkörper in Rotation versetzt, so dass die Kohlepertikel sich im äußeren Bereich des Ringspalts aufkonzentrieren.

**[0005]** Um das Primärrohr sind weiterhin zusätzlich ein Sekundärrohr und meist ein Tertiärrohr konzentrisch angeordnet, die einen sekundären und einen tertiären Ringspalt mit dem jeweils inneren Rohr ausbilden, die von sekundären und tertiären Verbrennungsmitteln (Sekundärluft und Tertiärluft) durchströmt werden. In den sekundären und dem tertiären Ringspalten sind in der Regel ebenfalls Drallkörper vorgesehen, um dem Verbrennungsmittel einen Drall zu geben.

**[0006]** Die Konstruktion dieser Kohlenstaubbrenner ermöglicht eine Aufteilung der Verbrennungsluft in mehrere, konzentrische Teilströme, wodurch aufgrund der daraus resultierenden gestuften Luftzuführung die Bildung von Stickoxiden verhindert werden kann. Sie zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass sowohl der Sekundärluftstrom als auch der Ausbrandluftstrom (Tertiärluft) einzeln regelbar ist.

**[0007]** Durch die Verdrallung des Sekundärluftstromes werden der Strömung Zentrifugalkräfte aufgezwungen, die im Kern des Wirbelfeldes einen Unterdruck hervorrufen. Dies bewirkt, dass sich im Kern der Flamme eine Rückströmung heißer Verbrennungsgase zur Flam-

menwurzel ausbildet, welche die erforderliche Kohle-kornaufheizung und damit die Zündung des über den Brenner eingeblasenen Kohlenstaubs wirksam unterstützt. Der Drall des Sekundärluftstroms ist einstellbar, wodurch der Unterdruck und damit die Rückströmmenge heißer Verbrennungsgase veränderbar sind. Dies ermöglicht eine Anpassung des Brenners an den jeweils zu verbrennenden Kohlenstaub, um eine sichere Zündung zu erreichen.

**[0008]** In der DE 43 25 643 A1 ist eine Weiterbildung des oben beschriebenen Kohlenstaubbrenners offenbart. Bei diesem Brenner ist das Kohlenstaub führende Primärluftrohr in seinem Mündungsbereich von einer innerhalb des Sekundärluftrohres angeordneten Luftleiteinrichtung umgeben. Dadurch erfolgt im Mündungsbereich des Brenners eine Aufteilung des Sekundärluftstroms in zwei konzentrische Teilströme. Einer dieser Teilströme durchsetzt den zwischen der Luftleiteinrichtung und der Außenwand des Primärluftrohrs gebildeten Ringspalt. Dieser Ringspalt ermöglicht ein frühzeitiges Einmischen des "abgezweigten" Sekundärluftstroms in den Flammenkern, wodurch die Zündung des Kohlenstaubs unterstützt wird, und zwar unabhängig bzw. zusätzlich zur Drallwirkung des Sekundärluftstroms.

**[0009]** Am Austritt des Primärrohrs zum Feuerraum sind radial nach innen gerichtete Flammenstabilisatoren angeordnet, die zu einem Strömungsabriss und zur Verwirbelung der Kohlepartikel führen. Auf diese Weise wird eine in den Feuerraum hinein gerichtete Strömung mit hoher Turbulenz und Kohlepartikelkonzentration ausgebildet. Diese Strömung wird durch die aus den äußeren konzentrisch angeordneten Sekundärluftströmen umgeben. Die hohe Turbulenz des partikelreichen Brennstoffsstroms treibt die flüchtigen Komponenten schnell aus den Kohlepartikeln aus. Aufgrund der hohen Partikelkonzentration ist das Luftverhältnis stark unterstöchiometrisch, wodurch weniger Stickoxide (NOx) gebildet werden.

**[0010]** Die Brenner der genannten Bauweise können prinzipiell außer zur Verbrennung von Kohle auch zur Verbrennung von anderen partikelförmigen Brennstoffen, beispielweise Biomasse, eingesetzt werden. Aufgrund der in der Regel faserigen und zähen Struktur der üblich verwendeten Biomassen, und des hohen Verschleiß der für das Mahlen der Biomassen verwendeten Vorrichtungen, können Biomassen nicht so fein gemahlen werden wie Kohle. Bei Steinkohle ist die Partikelgröße typischerweise zu 90% kleiner als 100 µm und bei Braunkohle zu 90% kleiner als 200 µm. Bei Biomasse wird in der Regel eine mittlere Partikelgröße von etwa 1 mm zur Verbrennung verwendet, wobei 1 bis 10% und sogar bis 15% der Partikel größer als 1 mm sind.

**[0011]** Aufgrund der Partikelgröße bei Biomassen werden, im Vergleich zu Kohle, die flüchtigen Komponenten der Biomassepartikel bei unveränderten Strömungsbedingungen langsamer freigesetzt, was zu einer verzögerten Zündung führen kann. Die Flamme bildet sich erst in einiger Entfernung zur Brennermuffel wodurch die Sta-

bilität der Verbrennung der Biomasse beeinträchtigt wird.

### Aufgabe der Erfindung

**[0012]** Die technische Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, einen Brenner für partikelförmigen Brennstoff bereitzustellen, der insbesondere für Brennstoffe aus

**[0013]** Biomasse geeignet ist, bei dem die Zündung so früh wie möglich und so nah an der Brennermuffel wie möglich stattfindet und die Flamme zu stabilisieren und die für den NOx-armen Betrieb erforderliche kontrollierte Zumischung von Verbrennungsluft in die Flammen realisieren zu können.

**[0014]** Die technische Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird gelöst durch einen Brenner für partikelförmigen Brennstoff enthaltend:

- ein Primärrohr;
- einem im Primärrohr angeordneten Kernrohr,

wobei das Primärrohr und das Kernrohr einen Primärrohrspalt bilden und wobei der Primärrohrspalt zum Ausstoßen eines Fluidgemisches aus einem partikelförmigen Brennstoff und einem Traggas ausgebildet ist,

- ein das Primärrohr konzentrisch umgebendes erstes Sekundärrohr;
- gegebenenfalls ein das erste Sekundärrohr konzentrisch umgebendes zweites Sekundärrohr und optional ein oder mehrere weitere Sekundärrohre, die das jeweils innere Rohr konzentrisch umgeben;
- eine Vielzahl von Flammenstabilisatoren, die an der Austrittsöffnung des Primärrohrspaltes radial in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hineinragen, wobei die Flammenstabilisatoren freie Strömungspfade definieren, deren Achsen zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren hindurch parallel zur Längsrichtung des Primärrohrs verlaufen,

wobei erfindungsgemäß innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren ein oder mehrere Umlenkkörper so angeordnet ist bzw. sind, dass der jeweilige Umlenkkörper die Achse eines freien Strömungspfades schneidet.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind mehrere Umlenkkörper angeordnet, so dass mehrere der freien Strömungspfade mit einem Umlenkkörper in genannter Weise versehen sind. Vorzugsweise sind mindestens 10%, mindestens 20%, mindestens 30%, mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%, mindestens 80% oder 100% der freien Strömungspfade mit einem Umlenkkörper ausgestattet.

**[0016]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren eine Vielzahl von Umlenkkörpern so angeordnet ist, dass mindestens jeweils ein Umlenkkörper die Achse jedes fünften, vorzugsweise

jedes vierten, weiter bevorzugt jedes 3, noch weiter bevorzugt jedes dritten, insbesondere bevorzugt jedes zweiten und am meisten bevorzugt eines jeden freien Strömungspfades schneidet.

**[0017]** Mit dem erfindungsgemäßen Brenner lassen sich herkömmliche Brennstoffe wie Kohlenstaub verbrennen. Gemäß der Erfindung ist der Brenner insbesondere geeignet, um Brennstoffe aus Biomasse zu verbrennen. Grundsätzlich können mit dem erfindungsgemäßen Brenner auch andere Brennstoffe verbrannt werden, die große und/oder nichtreaktive Partikel enthalten.

**[0018]** In dem Brenner gemäß der vorliegenden Erfindung ist innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren eine Vielzahl von Umlenkkörpern versetzt zu den Flammenstabilisatoren angeordnet. Dabei ist ein Umlenkkörper einem freien Strömungspfad, das heißt der Lücke bzw. Aussparung zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren, zugeordnet. Auf diese Weise wird der jeweilige freie Strömungspfad zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren in Strömungsrichtung gesehen zumindest teilweise von mindestens einem Umlenkkörper verdeckt.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brenners sind innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren eine Anzahl der freien Strömungspfade entsprechende Anzahl von Umlenkkörpern auf den Achsen der freien Strömungspfade angeordnet.

**[0020]** Mittels der Umlenkkörper in dem das Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch führenden Primärrohrspalt findet eine Umlenkung zumindest eines Teils der größeren Brennstoffpartikel in Richtung der installierten Flammenstabilisatoren ("Zähne") statt. Dadurch wird der größte Anteil der größeren bzw. großen Brennstoffpartikel gegen die Flammenstabilisatoren geleitet und dort zunächst abgebremst bevor die Partikel wieder in die Strömung zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren oder radial um die Flammenstabilisatoren herum gelangen. Daraus ergibt sich, dass die größeren Brennstoffpartikel erst wieder von der Strömung beschleunigt werden müssen. Mit dieser Maßnahme wird verhindert, dass die größeren Partikel mit hoher Geschwindigkeit den Brenneraustritt in Richtung Feuerraum verlassen und erst spät im Feuerraum zünden.

Stattdessen wird gemäß der Erfindung eine verringerte Partikelgeschwindigkeit erreicht, wodurch die großen Brennstoffpartikel in der Nähe des Brenneraustritts bzw. des Brenners entgasen und zünden. Die kleineren Brennstoffpartikel können dem Traggas durch die Umlenkung folgen und werden zu einem geringeren Anteil durch die Flammenstabilisatoren abgebremst. Durch ihre geringe bzw. geringere Partikelgröße unterstützen auch diese Partikel die frühe brennernahe Zündung. Die Umlenkkörper unterstützen die frühe Zündung weiterhin im Hinblick auf eine verstärkte Turbulenzerzeugung, durch die Umlenkung eines höheren Strömungsanteils auf die Flammenstabilisatoren.

**[0021]** Der erfindungsgemäße Brenner mit den hier

vorgeschlagenen Eigenschaften ist insbesondere darauf ausgelegt partikelförmige Brennstoffe effektiv zu verbrennen, die im Unterschied zum allgemein angewendeten Stand der Technik auch erheblich größere Partikel enthalten. Erheblich größer bedeutet, dass die physikalischen Partikelabmessungen (Länge, Breite, Tiefe) größer sind als zum Beispiel bei typischen Kohlestaubbrennern. Als Brennstoffe werden hier alle in einen partikelförmigen Zustand überführbare Brennstoffe verstanden. Insbesondere auch alle Formen von Biomassen, die in einem partikelförmigen Zustand vorliegen, oder durch geeignete Aufbereitungsschritte in einen partikelförmigen Zustand überführt werden können. Darüber hinaus werden darunter auch alle Rest- und Abfallstoffe verstanden, die in einen partikelförmigen Zustand überführt werden können. Die Brennstoffe müssen nicht zwingend in vollständig festem Aggregatzustand vorliegen, sie müssen jedoch pneumatisch förderbar sein. Die Partikel können in unterschiedlichsten Formen vorliegen, wie zum Beispiel als Späne, Staub, Hobelspäne, Bruchmaterial, Hackgut usw. Auch ließe sich Tiermehl als Brennstoff verwenden. Da Tiermehl einen hohen Fettanteil aufweist, handelt es sich streng genommen nicht um einen vollständig festen Brennstoff. Tiermehl ist jedoch geeignet, solange es pneumatisch förderbar ist.

**[0022]** Die Zündung von Partikeln wird durch dessen Aufheizung und durch die daraus resultierende thermische Zersetzung und in Konsequenz durch dessen Flüchtigenfreisetzung dominiert. Je größer ein Partikel ist, desto langsamer steigt unter gleichen Bedingungen die Partikeltemperatur und damit verzögert sich die Flüchtigenfreisetzung. Dazu ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Brennstoffe unterschiedliche Reaktivitäten bezüglich deren thermischen Zersetzung aufweisen. Beispielsweise ist holzartige Biomasse im Allgemeinen wesentlich reaktiver, also Flüchtige werden bei niedrigeren Temperaturen und meist auch noch schneller freigesetzt als beispielsweise bei üblichen Steinkohlen. Dieser Vorteil aus Sicht der Zündung, wird oftmals durch große Partikelgrößen aufgehoben, die dann eine wesentlich längere Partikelaufheizzeit benötigen. Das heißt, die hier vorgeschlagene Verbesserung gilt für Brennstoffe die auch physikalisch größere Partikel enthalten, ist aber ebenso einsetzbar für Brennstoffe, die "unreaktivere" Eigenschaften haben. Diese "unreaktive" Eigenschaft kann durch die Partikelgröße (Aufheizverhalten) und Reaktivität (thermische Zersetzungseigenschaft) bestimmt werden, oder aus einer Kombination daraus.

**[0023]** Insbesondere erlauben die vorgeschlagenen Maßnahmen nicht nur die Gestaltung von neuen optimierten Brennern, sondern sind insbesondere auch geeignet bestehende Brenner mit einem geringen Aufwand zu verbessern. Ein wesentlicher weiterer Vorteil, über die genannten Vorteile hinaus, ist dabei, dass der Brenner auch mit herkömmlichem Brennstoff betrieben werden kann. Das heißt, die von der vorliegenden Erfindung vorgeschlagenen Maßnahmen vereinen die Vorteile bei

Verbrennung "grober" Partikel und erlauben ebenso die Verbrennung "normale" Partikel. Das ist vorteilhaft, falls mit dem gleichen Brenner das Brennstoffband erweitert werden soll, beispielsweise mit Biomassen usw., und trotzdem die bekannten Brennstoffe weiter eingesetzt werden sollen.

**[0024]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Brenners ist der jeweilige Umlenkkörper so ausgestaltet, dass dieser den Strom des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches zu beiden Seiten des Umlenkkörpers weg von der Achse des freien Strömungspfades auf die Flammenstabilisatoren umlenkt, insbesondere auf die beiden Flammenstabilisatoren, die den jeweiligen freien Strömungspfad begrenzen. Daher weist der Umlenkkörper eine Gestalt auf, die sich entlang der Längsachse vom Anströmbereich beginnend verbreitert, wobei sich die maximale Breite des Umlenkkörpers im mittleren Bereich, im hinteren Bereich oder am Anströmbereich entgegengesetzten Ende des Umlenkkörpers befindet.

**[0025]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der jeweilige Umlenkkörper mindestens zwei Ablenkflächen auf. Hierbei sind die folgenden unterschiedlichen Bauweisen weiter bevorzugt,

- 25 a) wobei die zwei Ablenkflächen bei Umlenkkörpern mit eckigem Anströmbereich vorzugsweise in einem Winkel von 10° bis 60° zueinander stehen, wobei der Umlenkkörper so in dem Primärrohrspalt angeordnet ist, dass die Kante (Anströmkante), die die mindestens zwei Ablenkflächen miteinander verbindet, entgegen der Strömungsrichtung des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches ausgerichtet ist; oder
- 30 b) wobei bei Umlenkkörpern mit abgerundetem Anströmbereich diejenige Linie des Umlenkkörpers, die dem Austrittsbereich des Brenners am fernsten liegt, die Scheitellinie darstellt, die die den anströmseitigen Beginn der beiden Ablenkflächen des Umlenkkörpers definiert, bzw. diese beiden Ablenkflächen miteinander verbindet.

**[0026]** Wie oben erwähnt weist in einer bevorzugten Ausführungsform der jeweilige Umlenkkörper mindestens zwei Ablenkflächen auf. Diese sind entweder durch einen Scheitelpunkt, nämlich bei einem abgerundeten (teilkreisförmigen oder elliptischen) Anströmbereich, miteinander verbunden oder durch eine Kante (bei einem eckigen Anströmbereich, d.h. bei Vorhandensein einer Anströmkante) miteinander verbunden. Bei Vorhandensein einer Anströmkante stehen die Ablenkflächen in einem Winkel von vorzugsweise 10° bis 60° zueinander. Dabei ist der Umlenkkörper so in dem Primärrohrspalt angeordnet, dass der Anströmbereich, d.h. der abgerundete Anströmbereich oder die Anströmkante, der bzw. die die mindestens zwei Ablenkflächen miteinander verbindet, entgegen der Strömungsrichtung des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches ausgerichtet ist.

**[0027]** In einer weiteren Ausgestaltung dieser Ausfüh-

rungsform beträgt der Winkel zwischen den mindestens zwei Ablenkflächen  $10^\circ$  bis  $45^\circ$ , weiter bevorzugt  $10^\circ$  bis  $40^\circ$  und noch weiter bevorzugt  $10^\circ$  bis  $30^\circ$ . Der Winkel hängt u.a. von der Entfernung des Umlenkkörpers zu den Flammenstabilisatoren und der Breite des Strömungspfades zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren ab, und wird entsprechend so ausgewählt, dass unter Betriebsbedingungen die auf den Umlenkkörper auftreffenden Brennstoffpartikel auf die Flammenstabilisatoren gelenkt werden.

**[0028]** Die Umlenkkörper können jede Form aufweisen, die geeignet ist zumindest ein Teil der größeren Brennstoffpartikel so abzulenken, dass sie auf die dem Austritt abgewandte Seite des jeweilig dem "verspererten" Strömungspfad benachbarten Flammenstabilisators treffen. Der Fachmann erkennt, dass es bei der Ausgestaltung des Umlenkkörpers insbesondere auf den Bereich ankommt, der der Strömungsrichtung entgegengesetzt ist, d.h. den angestromten Bereich. Besonders bevorzugt weist der Grundriss des Anströmbereiches des Umlenkkörpers (d.h. der Bereich, der der Strömungsrichtung des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches entgegengesetzt ist) eine Dreiecksform auf, wobei der Winkel der Spitze der Dreiecksform, die der Strömungsrichtung entgegengesetzt ist, vorzugsweise  $10^\circ$  bis  $60^\circ$ , bevorzugt  $10^\circ$  bis  $45^\circ$ , weiter bevorzugt  $10^\circ$  bis  $40^\circ$  und noch weiter bevorzugt  $10^\circ$  bis  $30^\circ$  beträgt. Weiterhin sind wie oben erwähnt auch abgerundete Anströmbereiche geeignet.

**[0029]** Dabei sind geeignete und bevorzugte zweidimensionale Formen des Grundrisses des jeweiligen Umlenkkörpers: gleichseitiges Dreieck, gleichschenkliges Dreieck, Rhombus, Raute, Drachenviereck, Pfeilviereck, Ellipse, Kreis und Grundrisse mit einer Kombination aus einem dreieckförmigen, abgerundeten, teilkreisförmigen oder elliptischen (vorderen) Anströmbereich und einem jeweils anders gestalteten eckigen, abgerundeten, teilkreisförmigen oder elliptischen der Strömung abgewandten (hinteren) Bereich.

**[0030]** In weiteren Ausgestaltungen kann der Anströmbereich auch von der Dreiecksform abweichen, nämlich die beiden Ablenkflächen bzw. Flanken des Umlenkkörpers können konkav gestaltet sein.

**[0031]** In einer bevorzugten Ausführungsform werden mindestens die der partikelbeladenen Strömung zugewandten Seiten bzw. Flächen des Umlenkkörpers mit einer verschleißfesteren Oberfläche versehen. Dies kann auf verschiedene Weisen nach Stand der Technik durchgeführt werden, wie zum Beispiel durch Auftragsschweißen, Beschichten, Belegen mit verschleißfesten Material wie z.B. Keramik, usw.

**[0032]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Brenners ist die dreidimensionale geometrische Form des jeweiligen Umlenkkörpers ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Keil, Tetraeder, Polyeder, Kombination aus Keil und Tetraeder bzw. Polyeder, Zylinder (Kreiszylinder), elliptischer Zylinder; Halbkugel, Kugelsegment.

**[0033]** Wird als geometrische Form der Keil als Umlenkkörper ausgewählt, dann ist dieser mit einer seiner Dreiecksflächen auf der Wand des Primärrohrspalts angeordnet, wobei die Spitze des Keils der Strömungsrichtung entgegensteht, d.h. die Anströmkante darstellt, und die beiden seitlichen Flächen (entsprechend den Schenkeln des spitzwinkligen Dreiecks) die beiden Ablenkflächen darstellen. Wird der Tetraeder als Umlenkkörper gewählt, dann weist die Spitze des Tetraeders entgegen der Strömungsrichtung. Bei der Kombination aus Keil und Tetraeder ist der Keil mit einer seiner Dreiecksflächen auf der Wand des Primärrohrspalts angeordnet, wobei die Spitze des Keils gegen die Strömungsrichtung weist, und auf der anderen Dreiecksfläche des Keils ist

ein entsprechend dimensionierter Tetraeder angebracht, d.h. die andere Dreiecksfläche des Keils und eine der Dreiecksflächen des Tetraeders sind deckungsgleich, so dass der Tetraeder in den Innenraum des Primärrohrspaltes ragt. Statt der Tetraederform können aber auch entsprechende Polyeder oder abgerundete Geometrien in Kombination mit dem Keil verwendet werden. Der Fachmann versteht, dass es sich insbesondere bei der hier erwähnten Kombination von geometrischen Formen zur Beschreibung des vollständigen Umlenkkörpers nicht notwendigerweise um getrennte bauliche Elemente handeln muss, sondern der Umlenkkörper auch einstückig ausgebildet sein kann.

**[0034]** In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform ist der Anströmbereich des Umlenkkörpers abgerundet. Wird als geometrische Form des Umlenkkörpers eine solche mit abgerundetem Anströmbereich gewählt, wie etwa Zylinder (Kreiszylinder), elliptischer Zylinder; Halbkugel, Kugelsegment, so stellt diejenige Linie des Umlenkkörpers, die dem Austrittsbereich des Brenners am fernsten liegt die Scheitellinie dar, die die den anströmseitigen Beginn der beiden Ablenkflächen des Umlenkkörpers definiert, bzw. diese beiden Ablenkflächen miteinander verbindet. Es versteht sich, dass bei Verwendung des elliptischen Zylinders dieser mit seiner Längsachse parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet ist. Wird als geometrische Form des Umlenkkörpers eine Zylinderform als Basis gewählt, dann kann die freie elliptische oder kreisförmige ebene Fläche (welche in das Innere des Primärrohrspaltes hineinragt) mit einer abgerundeten Geometrie versehen sein.

**[0035]** Weiterhin kann der Umlenkkörper auch lediglich aus zwei spitzwinkelig zueinander angeordneten Ablenkflächen und ggf. einer Seitenwand, die dem Innenraum des Primärrohrspaltes zugewandt ist, bestehen, d.h. der Umlenkkörper selbst ist hohl und weist ggf. auch keine Rückwand auf, d.h. ist auf der der Strömung abgewandten Seite offen.

**[0036]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Brenners ist die maximale Breite des jeweiligen Umlenkkörpers, d.h. die Ausdehnung entlang der Achse senkrecht zur Längsachse des Primärrohrs, größer als der Abstand oder gleich dem Abstand der zwei benachbarten Flammenstabilisatoren, die den entsprechenden

Strömungspfad begrenzen. Dies bedeutet, dass die maximale Breite des jeweiligen Umlenkkörpers größer als die Breite oder gleich der Breite des jeweiligen Strömungspfades ist. In einer alternativen Ausführungsform ist die maximale Breite des jeweiligen Umlenkkörpers kleiner als der Abstand der zwei benachbarten Flammenstabilisatoren, die den entsprechenden Strömungspfad begrenzen. Die Breite des Umlenkkörpers hängt u.a. von der Entfernung des Umlenkkörpers zu den Flammenstabilisatoren und der Breite des Strömungspfades zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren ab.

**[0037]** Die Längsachse der Umlenkkörper verläuft erfindungsgemäß parallel zur Strömungsrichtung, d.h. parallel zur Längsachse des Primärrohrs bzw. des Primärrohrspalts.

**[0038]** In einer weiteren Ausführungsform des Brenners ist die Höhe des jeweiligen Umlenkkörpers, d.h. die radiale Ausdehnung in den Primärrohrspalt hinein, kleiner oder gleich der Höhe, d.h. der radialen Ausdehnung der Flammenstabilisatoren.

**[0039]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Umlenkkörper stromaufwärts der Flammenstabilisatoren beabstandet zu diesen angeordnet. In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform sind die Umlenkkörper stromaufwärts der Flammenstabilisatoren angeordnet, wobei die Längsausdehnung der Umlenkkörper bis zu den Flammenstabilisatoren reicht, d.h. das austrittseitige, strömungsabgewandte Ende der Umlenkkörper in Kontakt mit den Flammenstabilisatoren steht.

**[0040]** Wie bereits oben erläutert, sind die Umlenkkörper stromaufwärts der Flammenstabilisatoren versetzt zu diesen, d.h. auf Lücke zu den Flammenstabilisatoren, innerhalb des Primärrohrspaltes angeordnet. Dabei sind unterschiedliche Positionierungen möglich. So können die Umlenkkörper wie folgt angeordnet sein:

- a) auf der Innenseite des Primärrohrs, d.h. auf der Innenseite des Außenrohrs des Primärrohrspaltes;
- b) auf dem Kernrohr, d.h. auf der Außenseite des Kernrohrs; oder
- c) a) und b), d.h. sowohl auf der Innenseite des Primärrohrs als auch auf dem Kernrohr.

**[0041]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brenners verringert sich an dem Brenneraustritt der Kernrohr-Querschnitt in Richtung Feuerraum stetig oder stufenweise, wobei sich somit der Querschnitt des Primärrohrspaltes entsprechend vergrößert. Diese Verringerung des Kernrohr-Querschnittes wird bevorzugt dadurch erreicht, dass das Kernrohr gegenüber dem Primärrohr zurücktritt und ein Innen-Kernrohr mit geringerem Durchmesser am austrittseitigen Ende des Kernrohrs angeordnet wird, wobei das Innen-Kernrohr in Richtung Feuerraum aus dem Kernrohr herausragt.

**[0042]** In einer anderen weiter bevorzugten Ausführungsform des Brenners tritt das austrittseitige Ende des Kernrohrs bzw., wenn vorhanden, des Innen-Kernrohrs

gegenüber dem entsprechenden Ende des Primärrohrs zurück bzw. ist gegenüber diesem verkürzt oder versenkt angeordnet. Die Verkürzung des Kernluftrohres vergrößert den Abstand zu den Flammenstabilisatoren, wenn diese am Primärrohr angeordnet sind.

**[0043]** Durch die beiden Maßnahmen, einzeln oder in Kombination, wonach i) das Kernrohr bzw. das Innen-Kernrohr gegenüber dem Primärrohr verkürzt wird, und dabei der Abstand zu den dann an der Primärrohrwand angeordneten Flammenstabilisatoren vergrößert wird, und/oder ii) der Kernrohrquerschnitt stetig oder stufenweise verringert wird, wird die Strömungsgeschwindigkeit des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches verlangsamt. Dadurch ist die "Mitnahmegeschwindigkeit" des Gases für die groben Partikel deutlich reduziert. So wird verhindert, dass die groben Partikel mit voller Geschwindigkeit den Brenneraustritt in Richtung Feuerraum verlassen und erst spät im Feuerraum, d.h. in großem Abstand zum Brenneraustritt zünden. Durch die reduzierte Partikel- und Gasgeschwindigkeit können auch die groben Partikel brennernah entgasen und zünden.

**[0044]** In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Primärrohr bzw. der Primärrohrspalt keine Drallkörper auf. Die Anbringung von Drallköpfen im Primärrohrspalt, der das Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch führt, wäre der Wirkung eines Axialzyklons ähnlich, wobei die Brennstoffpartikel überwiegend im Bereich des äußeren Umfangs anreichern und sich im restlichen Querschnitt abreichern. Durch die Drallvorrichtung stellt sich eine rotierende Strömung ein. Ein Effekt ist, wie beschrieben, dass die Partikel sich nach außen bewegen und dort anreichern. Die Partikel haben dadurch aber auch eine im Primärspalt drehende Bewegung. Die Anwendung der Umlenkkörper ist zwar möglich, aber die richtige Positionierung und Ausrichtung ist schwierig. Aus dem Grund wird eine unverdrallte Brennstoffpartikelströmung, die sich nur axial durch den Primärspalt bewegt, bevorzugt. Daher sind in dem Primärrohrspalt keine Drallkörper angeordnet. Folglich verteilen sich im erfindungsgemäßen Brenner die Brennstoffpartikel im Primärrohrspalt gleichmäßig.

**[0045]** Dagegen können in weiteren Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Brenners Drallkörper im ersten und/oder zweiten oder ggf. weiteren Sekundärrohr(en) angeordnet sein. Die Anbringung von Drallköpfen im Sekundärrohr, das Verbrennungsluft (Sekundärluft) führt, hat zur Folge, dass der Sekundärluftströmung ein Drall aufgeprägt wird, der die Flamme aufweitet. Das Aufprägen des Dralls auf die Sekundärluftströmung kann durch Drallkörper, etwa in Form von Leitschaufeln bzw. Leiblechen, erfolgen, die um 20° bis 30° gegenüber der Längsrichtung des Sekundärrohrs geneigt sein können.

## Flammenstabilisatoren

**[0046]** Wie oben bereits erläutert, sind am Austritt des Primärrohrspaltes des Brenners zur Zündung des Brennstoffs Flammenstabilisatoren (Zähne) angebracht, die ei-

ne hohe Turbulenz erzeugen können. Diese Flammenstabilisatoren dienen der stabilen Zündung des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches. Die Flammenstabilisatoren dienen dazu die Brennstoffpartikel zu verlangsamen und eine Turbulenz zu erzeugen, um die Freigabe von flüchtigen Stoffen zu beschleunigen und die Zündung nah am Ausgang der Brenner zu stabilisieren. Die Flammenstabilisatoren sind dabei am Austritt des Primärrohrspaltes angebracht und ragen in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hinein.

**[0047]** Die Form der Flammenstabilisatoren ist nicht begrenzt. So können die Flammenstabilisatoren eine abgerundete, rechteckige oder quadratische Form aufweisen. Die unterschiedlichen Zahnformen dienen prinzipiell demselben Zweck, nämlich durch Erzeugung örtlicher Turbulenz die Zündung zu begünstigen (Flammenhalter).

**[0048]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die Flammenstabilisatoren mit einer Stützrippe bzw. Versteifungsrippe an der feuerraumabgewandten Seite versehen. Diese Rippe erfüllt zwei Hauptaufgaben, nämlich i) der Versteifung des Flammenstabilisators aus konstruktiver Sicht, und ii) der Abfuhr bzw. Ableitung von Wärme.

**[0049]** Der Flammenstabilisator ist aus dem Feuerraum heraus einer großen thermischen Strahlung ausgesetzt. Zwar findet durch die kontinuierliche Anströmung von Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch eine Kühlung statt. Dennoch erfolgt durch die Rippe eine bessere Wärmeableitung. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn der Brenner außer Betrieb ist, also keine Kühlung durch das Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch erfolgt. Die im Fall, dass der Brenner außer Betrieb ist, dann üblicherweise aufgegebenen Kühlluftmengen sind vergleichsweise gering, so dass die verbesserte Wärmeableitung durch die Rippe erforderlich ist.

**[0050]** Die Flammenstabilisatoren können entlang einem oder beiden der zwei konzentrischen Kanten des aus Kernrohr und Primärrohr gebildeten Primärrohrspaltes angeordnet werden. Dabei ist besonders bevorzugt, dass die Flammenstabilisatoren entlang der Kante des Primärrohrs, d.h. der äußeren Begrenzung des Primärrohrspaltes, angeordnet werden.

**[0051]** Die von den Flammenstabilisatoren bezogen auf die freie Fläche des Primärrohrspaltes versperrte Fläche wird maßgeblich durch die Brennstoffeigenschaften und die vorangegangene Mahltrocknung bestimmt. Bei zündwilligen Brennstoffen ist eine geringere Versperrung möglich. Bei zündunwilligeren Brennstoffen ist eine größere Versperrung notwendig. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform liegt die Versperrung des freien Querschnitts des Primärrohrspaltes von 10% bis 80%, vorzugsweise von 20% bis 70% und weiter bevorzugt von 50% bis 65% bezogen auf den freien Querschnitt des Primärrohrspaltes stromaufwärts einer eventuellen Verjüngung des Kernrohrs, d.h. ohne Berücksichtigung der Vergrößerung des Primärrohrspaltes durch eine eventuelle Verjüngung des Kernrohrs.

**[0052]** Es ist nicht erforderlich die Brennstoffpartikel mit Hilfe von Luft als Traggas durch den Primärrohrspalt zu transportieren. Statt Luft kann auch ein anderes an sich bekanntes Verbrennungsmittel verwendet werden.

5 Als Traggas kann Verbrennungsabluft, welches weniger Sauerstoff als Luft enthält, oder auch ein völlig sauerstofffreies Gas verwendet werden, solange der für die Verbrennung notwendige Sauerstoff anderweitig bereitgestellt wird. Das Traggas besteht üblicherweise aus Luft, die zum Trocknen in der Mühle zugegeben wurde, und während der Mahltrocknung verdampftem Wasser (= Brüden). Grundsätzlich kann aber jedes gasförmige Medium als Traggas verwendet werden wie etwa Luft, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Dampf, und Mischungen daraus.

10 **[0053]** Das Kernrohr kann durch ein Sauerstoffaufweisendes Gas oder ein sauerstofffreies Gas durchströmt werden, was insbesondere zur Kühlung des Kernrohrs zweckmäßig sein kann. In bevorzugter Weise sind im Kernrohr zusätzlich eine Brennerlanze zur Bereitstellung einer Stütz- oder Zündflamme angeordnet.

15 **[0054]** Die Erfindung stellt weiterhin eine Feuerungsanlage bereit enthaltend einen oder mehrere der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Brenner.

20 **[0055]** Weiterhin stellt die Erfindung ein Verfahren bereit zur Verbrennung von partikelförmigen Brennstoffen, insbesondere aus Biomasse, wobei vorzugsweise 1 bis 15%, insbesondere bevorzugt bis 10%, der Partikel größer als 1 mm sind, mittels der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Brenner und/oder in der Feuerungsanlage enthaltend die erfindungsgemäßen Brenner, wo-25 bei die partikelförmigen Brennstoffe in einem Traggas durch den Primärrohrspalt des Brenners geführt wird, und zumindest ein Teil der Brennstoffpartikel von stromaufwärts der Flammenstabilisatoren angeordneten Umlenkkörpern in Richtung der Flammenstabilisatoren umgelenkt werden, von den Flammenstabilisatoren abgebremst werden, anschließend wieder in die Strömung zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren oder radial um die Flammenstabilisatoren herum gelangen und nach Austritt aus dem Brenner verbrannt werden.

30 **[0056]** Die Verwendung der Umlenkkörper in dem das Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch führenden Primärrohrspalt führt zur Umlenkung zumindest eines Teils der größeren Brennstoffpartikel in Richtung der installierten Flammenstabilisatoren. Durch diese Verfahrensweise wird der größte Anteil der größeren bzw. großen Brennstoffpartikel gegen die Flammenstabilisatoren geleitet und dort zunächst abgebremst bevor die Partikel wieder 35 in die Strömung zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren oder radial um die Flammenstabilisatoren herum gelangen. Durch diese Abbremsung ergibt sich, dass die größeren Brennstoffpartikel erst wieder von der Strömung beschleunigt werden müssen. Mit diesem Verfahren wird verhindert, dass die größeren Partikel mit hoher Geschwindigkeit den Brenneraustritt in Richtung Feuerraum verlassen und erst spät im Feuerraum zünden. Stattdessen wird gemäß der Erfindung eine verrin-

gerte Partikelgeschwindigkeit erreicht, wodurch die großen Brennstoffpartikel in der Nähe des Brenneraustritts bzw. des Brenners entgasen und zünden. Die kleineren Brennstoffpartikel können teilweise dem Traggas durch die Umlenkung folgen und werden zu einem geringeren Anteil durch die Flammenstabilisatoren abgebremst. Durch ihre geringe bzw. geringere Partikelgröße unterstützen auch diese Partikel die frühe brennernahe Zündung. Die Umlenkkörper unterstützen die frühe Zündung weiterhin im Hinblick auf eine verstärkte Turbulenzerzeugung, durch die Umlenkung eines höheren Strömungsanteils auf die Flammenstabilisatoren.

**[0057]** Bei einem bevorzugten Verfahren werden Brennstoffe verwendet, die ganz oder teilweise aus Biomasse bestehen, wobei 1 bis 15%, vorzugsweise 1 bis 10% der Partikel größer als 1 mm sind, wobei vorzugsweise die mittlere Partikelgröße 1 mm beträgt.

**[0058]** Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren werden Brennstoffe verwendet, die zu mindestens 10%, mindestens 20%, mindestens 30%, mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 60%, mindestens 70%, mindestens 80%, mindestens 90%, mindestens 95% und besonders bevorzugt zu 100% aus Biomasse bestehen.

**[0059]** Vorzugsweise werden Biomassepellets bzw. Holzpellets wieder de-agglomeriert und ggf. weiter gemahlen, Schleifstaub, Hobelrspäne usw. als Brennstoff eingesetzt.

**[0060]** Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren beispielhaft erläutert, die jedoch nicht einschränkend sind.

## Figuren

### **[0061]**

**Figur 1** zeigt eine Ausführungsform eines Brenners gemäß der vorliegenden Erfindung.

**Figur 2** zeigt eine andere Ausführungsform eines Brenners gemäß der vorliegenden Erfindung.

**Figur 3** zeigt eine Ansicht der Abwicklung des ringförmigen Flammenhalters mit einer Anordnung von Flammenstabilisatoren und Umlenkkörpern.

**Figur 4** zeigt eine Ansicht der Abwicklung des ringförmigen Flammenhalters mit einer anderen Anordnung von Flammenstabilisatoren und Umlenkkörpern.

**Figur 5** zeigt verschiedene eckige Geometrien der Umlenkkörper.

**Figur 6** zeigt verschiedene abgerundete Geometrien der Umlenkkörper.

**[0062]** **Figur 1** zeigt eine Ausführungsform eines Brenners für partikelförmigen Brennstoff, der insbesondere

zur Verbrennung von Brennstoffen aus Biomasse geeignet ist, im Längsschnitt. Der Brenner ist in der Feuerraumwand 2 angeordnet und mündet in den Feuerraum 1. Der Brenner weist ein Kernrohr 5 und ein das Kernrohr 5 konzentrisch umgebendes Primärrohr 4 auf. Das Kernrohr 5 wird von Kernluft 10 durchströmt. Das Primärrohr 4 und das Kernrohr 5 bilden einen Primärrohrspalt aus, durch den das Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch 9 geführt wird. Das Primärrohr 4 ist konzentrisch von einem Sekundärrohr 3 umgeben. Das Sekundärrohr 3 und das Primärrohr 4 bilden einen Sekundärrohrspalt aus, das von Luft (Sekundärluft 8) durchströmt wird. Innerhalb des Sekundärrohrspaltes ist am austrittseitigen Ende des Primärrohrs 4 ein Sekundärrohr-Konus 7 angeordnet. Die Sekundärluft 8, die durch den Primärrohrspalt strömt, wird von dem Sekundärrohr-Konus 7 in zwei Teilströme 11, 12 geteilt und durch die konische Erweiterung des Sekundärrohr-Konus 7 und des Primärrohrs 4 am austrittseitigen Ende nach außen abgelenkt und entfernt sich in radialer Richtung vom Flammenkern der Primärverbrennungszone. So wird eine Sekundärluft-Trennschichtstromab des Austritts des Primärrohres 4 zwischen Primärverbrennung und Sekundärluftströmung erzeugt. Dieses Rezirkulationsgebiet dient der NOx-Reduktion.

**[0063]** Das Ende des Kernrohrs 5 ist gegenüber dem Ende des Primärrohrs 4 verkürzt. Weiterhin ist ein Innen-Kernrohr 6 am austrittseitigen Ende des Kernrohrs 5 angeordnet, wobei das Innen-Kernrohr 6 in Richtung Feuerraum aus dem Kernrohr 5 herausragt. Das Innen-Kernrohr 6 weist einen geringeren Querschnitt als das Kernrohr 5 auf. Dadurch verringert sich an dem Brenneraustritt der Kernrohr-Querschnitt in Richtung Feuerraum, und der Querschnitt des Primärrohrspaltes vergrößert sich entsprechend. Zusätzlich ist in der gezeigten Ausführungsform auch das Ende des Innen-Kernrohrs 6 gegenüber dem Ende des Primärrohr 4 verkürzt. Durch diese Maßnahmen verringert sich die Strömungsgeschwindigkeit des Brennstoffpartikel/Traggas-Stroms 9. Das Kernrohr 5 wie auch das Innen-Kernrohr 6 wird von Kernluft 10 durchströmt.

**[0064]** An dem Austritt des Primärrohrspaltes ist eine Vielzahl von Flammenstabilisatoren 13 angeordnet, wobei in der gezeigten Ausführungsform die Flammenstabilisatoren 13 am Primärrohr 4 angeordnet sind und radial nach innen in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hinein ragen. Alternativ dazu könnten die Flammenstabilisatoren auch am Kernrohr 5 angeordnet sein und dann radial nach außen in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hinein ragen. Eine weitere Alternative wäre eine Anordnung der Flammenstabilisatoren 13 am Primärrohr 4 und am Kernrohr. Die Flammenstabilisatoren 13 definieren freie Strömungspfade, deren Achsen zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13 hindurch parallel zur Längsrichtung des Primärrohrs verlaufen. Gemäß der Erfindung ist innerhalb des Primärrohrspaltes, in der gezeigten Ausführungsform an der Innenwand des Primärrohrs 4, stromaufwärts der Flammenstabilisatoren 13 eine Vielzahl von Umlenkkör-

pern 15 so angeordnet, dass jeweils ein Umlenkkörper 15 die Achse eines freien Strömungspfades schneidet bzw. auf dieser liegt und entlang dieser Achse ausgerichtet ist.

**[0065]** Das Merkmal, wonach jeweils ein Umlenkkörper 15 die Achse eines jeden freien Strömungspfades schneidet, bedeutet, dass die Umlenkkörper 15 versetzt zu den Flammenstabilisatoren 13 angeordnet sind und bei Betrachtung in Richtung Feuerraum jeweils ein Umlenkkörper 15 einen freien Strömungspfad bzw. eine Lücke oder Aussparung zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13 zumindest teilweise verdeckt. Diese versetzte Anordnung von Umlenkkörper 15 und Flammenstabilisator wird in den Figuren 3 und 4 dargestellt.

**[0066]** Mittels der Umlenkkörper 15 wird eine Umlenkung zumindest von einem Teil der größeren Brennstoffpartikel in Richtung der installierten Flammenstabilisatoren 13 erreicht. Dadurch wird der größte Anteil der größeren bzw. großen Brennstoffpartikel gegen die Flammenstabilisatoren 13 geleitet, dort zunächst abgebremst bevor die Partikel wieder in die Strömung zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13 oder radial um die Flammenstabilisatoren herum gelangen. Resultierend daraus müssen die größeren Brennstoffpartikel erst wieder von der Strömung beschleunigt werden. Mit dieser Maßnahme wird verhindert, dass die größeren Partikel mit hoher Geschwindigkeit den Brenneraustritt in Richtung Feuerraum 1 verlassen und erst spät im Feuerraum zünden. Stattdessen wird gemäß der Erfindung eine verringerte Partikelgeschwindigkeit erreicht, wodurch die großen Brennstoffpartikel in der Nähe des Brenneraustritts bzw. des Brenners entgasen und zünden.

**[0067]** Wie in Figur 1 gezeigt, weisen die Flammenstabilisatoren 13 eine Versteifungsrippe 14 auf, die der Stabilisierung des Flammenstabilisators 13 und der Wärmeableitung dienen.

**[0068]** **Figur 2** zeigt eine andere Ausführungsform eines Brenners gemäß der vorliegenden Erfindung im Längsschnitt. Die in Figur 2 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von Figur 1 durch die weitgehende bzw. vollständige Trennung des Sekundärluftstroms 11, 12, indem anstatt der Anbringung eines relativ kurzen Sekundärrohr-Konus konzentrisch um den austrittseitigen Endbereich des Primärrohrs ein vollständiges erstes Sekundärrohr 7, welches das Primärrohr 4 konzentrisch umgibt, innerhalb eines zweiten Sekundärrohrs 3 angeordnet ist.

**[0069]** **Figur 3** zeigt eine Ansicht der Abwicklung des ringförmigen Flammenhalters mit einer Anordnung von Flammenstabilisatoren und Umlenkkörpern. An dem Austritt bzw. der Kante des Primärrohrspaltes ist eine Vielzahl von Flammenstabilisatoren 13 angeordnet, die radial nach innen in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hineinragen (hier aus der Bildebene in Richtung Betrachter herausragen). Die Flammenstabilisatoren 13 weisen auf der dem Austritt abgewandten Seite des Flammen-

stabilisators eine Versteifungsrippe 14 auf. Die Flammenstabilisatoren 13 definieren freie Strömungspfade, deren Achsen zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13 hindurch parallel zur Längsrichtung des Primärrohrs verlaufen. Aus der Figur 3 ist ersichtlich, dass gemäß der Erfindung die Umlenkkörper 15 stromaufwärts der Flammenstabilisatoren 13 versetzt zu diesen angeordnet sind, d.h. ein Umlenkkörper 15 liegt auf der Achse eines freien Strömungspfades. Damit wird bei Betrachtung in Strömungsrichtung durch jeweils einen Umlenkkörper 15 ein freier Strömungspfad bzw. eine Lücke oder Aussparung zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13, zumindest teilweise verdeckt.

**[0070]** Die Umlenkkörper 15 weisen vorteilhaft erweise zumindest im angestromten Bereich des Umlenkkörpers im Grundriss eine dreieckige Form auf. In Figur 3 wird eine der einfachsten Grundrisse für den Umlenkkörper 15 gezeigt, nämlich ein gleichschenkeliges Dreieck, welches dreidimensional beispielsweise einem Keil oder einem Tetraeder entspricht. Aus Figur 3 wird deutlich, dass der Umlenkkörper 15 mindestens zwei Ablenkflächen aufweist - hier durch die zwei langen Schenkel des gleichseitigen Dreiecks dargestellt. Der Strom 9 des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches trifft auf den spitzen Winkel, bzw. auf die Anströmkante des Umlenkkörpers 15 und die Brennstoffpartikel werden von den Ablenkflächen des Umlenkkörpers 15 in Richtung der Flammenstabilisatoren 13 abgelenkt, die dem Umlenkkörper am nächsten liegen. Dadurch werden die größeren bzw. die großen Brennstoffpartikel gegen die Flammenstabilisatoren 13 geleitet und dort abgebremst. Danach gelangen die Brennstoffpartikel wieder in die Strömung entweder einen freien Strömungspfad zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13 oder radial um die Flammenstabilisatoren herum (hier in Richtung Betrachter).

**[0071]** In Figur 3 ist eine Ausführungsform dargestellt, in der die Breite der Umlenkkörper 15 kleiner ist als die des freien Strömungspfades zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren.

**[0072]** **Figur 4** zeigt eine Ansicht der Abwicklung des ringförmigen Flammenhalters mit einer anderen Anordnung von Flammenstabilisatoren und Umlenkkörpern. Die in Figur 4 dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von derjenigen in Figur 3 gezeigten, indem die Breite der Umlenkkörper 15 größer ist als die des freien Strömungspfades zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren 13. Somit überlappt die Ausdehnung der Flammenstabilisatoren 13 und der Umlenkkörper 15 in Richtung quer zur Längsachse des Primärrohrs.

**[0073]** **Figur 5** zeigt verschiedene Geometrien der Umlenkkörper, wie etwa Keil (links oben), Drachenviereck als Basis mit Polyeder als Dachaufbau (rechts oben) und Keil als Basis mit Tetraeder als Dachaufbau. Hierbei ist der Keil bzw. das Drachenviereck auf der Wand angeordnet während der Polyeder bzw. der Tetraeder in das Innere des Primärrohrspaltes radial hinein ragt. Das spitze Ende des Keils bzw. des Drachenvierecks weist

entgegen der Strömungsrichtung des Brennstoffpartikelstroms. Die kleine Darstellung ganz links zeigt die entsprechenden Grundrisse der dreidimensionalen Darstellung der Umlenkkörper.

[0074] **Figur 6** zeigt verschiedene abgerundete Geometrien der Umlenkkörper, wie Kreiszylinder oder elliptischer Zylinder. Hierbei wird eine der Kreisflächen bzw. elliptischen Flächen auf der Wand des Primärrohrspaltes angeordnet während die jeweils andere Kreisfläche bzw. elliptische Fläche in das Innere des Primärrohrspaltes hineinragt. Diese freie Kreisfläche bzw. elliptische Fläche kann durch eine weitere geometrische Form abgedeckt sein, wie etwa durch eine Halbkugel oder ein Kugelsegment beim Kreiszylinder

#### Bezugszeichenliste

#### [0075]

1	Feuerraum	20
2	Feuerraumwand	
3	Sekundärrohr	
4	Primärrohr	
5	Kernrohr	
6	Innen-Kernrohr	25
7	Sekundärrohr-Konus bzw. inneres/erstes Sekundärrohr	
8	Sekundärluft	
9	Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisch	
10	Kernluft	30
11	Sekundärluft 1-Strom	
12	Sekundärluft 2-Strom	
13	Flammenstabilisator	
14	Versteifungsrippe	
15	Umlenkkörper	35
16	Brenner	

#### Patentansprüche

1. Brenner (16) für partikelförmigen Brennstoff, der insbesondere zur Verbrennung von Brennstoffen aus Biomasse geeignet ist, enthaltend:
- ein Primärrohr (4);
  - einem im Primärrohr (4) angeordneten Kernrohr (5);

wobei das Primärrohr (4) und das Kernrohr (5) einen Primärrohrspalt bilden und wobei der Primärrohrspalt zum Ausstoßen eines Fluidgemisches aus einem partikelförmigen Brennstoff und einem Traggas (9) ausgebildet ist;

- ein das Primärrohr (4) konzentrisch umgebendes erstes Sekundärrohr (3);
- gegebenenfalls ein das erste Sekundärrohr (3) konzentrisch umgebendes zweites Sekundär-

rohr und optional ein oder mehrere weitere Sekundärrohre, die das jeweils innere Rohr konzentrisch umgeben;

- eine Vielzahl von Flammenstabilisatoren (13), die an der Austrittsöffnung des Primärrohrspaltes radial in den Querschnitt des Primärrohrspaltes hinein ragen, wobei die Flammenstabilisatoren (13) freie Strömungspfade definieren, deren Achsen zwischen jeweils zwei benachbarten Flammenstabilisatoren (13) hindurch parallel zur Längsrichtung des Primärrohrs (4) verlaufen,

**dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Primärrohrspaltes stromaufwärts der Flammenstabilisatoren (13) ein oder mehrere Umlenkkörper (15) so angeordnet ist bzw. sind, dass der jeweilige Umlenkkörper (15) die Achse eines freien Strömungspfades schneidet.

2. Brenner (16) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Umlenkkörper (15) so ausgestaltet ist, dass dieser den Strom des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches (9) zu beiden Seiten des Umlenkkörpers (15) weg von der Achse des freien Strömungspfades auf die Flammenstabilisatoren (13) umlenkt, insbesondere auf die beiden Flammenstabilisatoren (13), die den jeweiligen freien Strömungspfad begrenzen.
3. Brenner (16) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Umlenkkörper (15) mindestens zwei Ablenkflächen aufweist,
- a) wobei die zwei Ablenkflächen bei Umlenkkörpern (15) mit eckigem Anströmbereich vorzugsweise in einem Winkel von 10° bis 60° zueinander stehen, wobei der Umlenkkörper (15) so in dem Primärrohrspalt angeordnet ist, dass die Kante, die die mindestens zwei Ablenkflächen miteinander verbindet, entgegen der Strömungsrichtung des Brennstoffpartikel/Traggas-Gemisches ausgerichtet ist; oder
  - b) wobei bei Umlenkkörpern (15) mit abgerundetem Anströmbereich diejenige Linie des Umlenkkörpers (15), die dem Austrittsbereich des Brenners am fernsten liegt, die Scheitellinie darstellt, die die den anströmseitigen Beginn der beiden Ablenkflächen des Umlenkkörpers (15) definiert, bzw. diese beiden Ablenkflächen miteinander verbindet.
4. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die (zweidimensionale) Form des Grundrisses des jeweiligen Umlenkkörpers (15) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus gleichseitigem Dreieck, gleichschenkligem Dreieck, Rhombus, Raute, Drachen-

- viereck, Pfeilviereck, Ellipse, Kreis und Grundrisse mit einer Kombination aus einem dreieckförmigen, abgerundeten, teilkreisförmigen oder elliptischen Anströmbereich und einem jeweils anders gestalteten eckigen, abgerundeten, teilkreisförmigen oder elliptischen der Strömung abgewandten Bereich.
- 5
5. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die (dreidimensionale geometrische) Form des jeweiligen Umlenkkörpers (15) ausgewählt ist aus der Gruppe Keil, Tetraeder, Kombination aus Keil und Tetraeder oder Polyeder, Zylinder (Kreiszylinder), elliptischer Zylinder; Halbkugel, Kugelsegment.
- 10
6. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Breite des jeweiligen Umlenkkörpers (15) größer als der Abstand oder gleich dem Abstand der zwei benachbarten Flammenstabilisatoren (13) ist, die den entsprechenden Strömungspfad begrenzen.
- 15
7. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Breite des jeweiligen Umlenkkörpers (15) kleiner als der Abstand der zwei benachbarten Flammenstabilisatoren (13) ist, die den entsprechenden Strömungspfad begrenzen.
- 20
8. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe des jeweiligen Umlenkkörpers (15) kleiner oder gleich der Höhe der Flammenstabilisatoren (13) ist.
- 25
9. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkkörper (15) angeordnet sind:
- a) auf der Innenseite des Primärrohrs (4);  
 b) auf dem Kernrohr (5); oder  
 c) a) und b).
- 30
10. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Brenneraustritt sich der Kernrohr-Querschnitt in Richtung Feuerraum (1) stetig oder stufenweise verengert, und somit sich der Querschnitt des Primärrohrspaltes entsprechend vergrößert.
- 35
11. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das austrittseitige Ende des Kernrohrs (5) gegenüber dem entsprechenden Ende des Primärrohrs (4) zurücktritt.
- 40
12. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Primärrohr (4) keine Drallkörper aufweist.
- 45
13. Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ver sperrung des freien Querschnitts des Primärrohrspaltes von 10% bis 80%, vorzugsweise von 20% bis 70% und weiter bevorzugt von 50% bis 65% beträgt, bezogen auf den freien Querschnitt des Primärrohrspaltes stromaufwärts einer eventuellen Verjüngung des Kernrohrs (5).
- 50
14. Feuerungsanlage enthaltend einen oder mehrere Brenner (16) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13.
- 55
15. Verfahren zur Verbrennung von partikelförmigen Brennstoffen, insbesondere aus Biomasse, wobei vorzugsweise 1 bis 15%, vorzugsweise 1 bis 10% der Partikel größer als 1 mm sind, mittels Brenner gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13 und/oder in der Feuerungsanlage gemäß Anspruch 14, wobei die partikelförmigen Brennstoffe in einem Traggas durch den Primärrohrspalt des Brenners (16) geführt wird, und zumindest ein Teil der Brennstoffpartikel von stromaufwärts der Flammenstabilisatoren (13) angeordneten Umlenkkörpern (15) in Richtung der Flammenstabilisatoren (13) umgelenkt werden, von den Flammenstabilisatoren (13) abgebremst werden, anschließend wieder in die Strömung zwischen zwei benachbarten Flammenstabilisatoren (13) oder radial um die Flammenstabilisatoren (13) herum gelangen und nach Austritt aus dem Brenner (16) verbrannt werden.

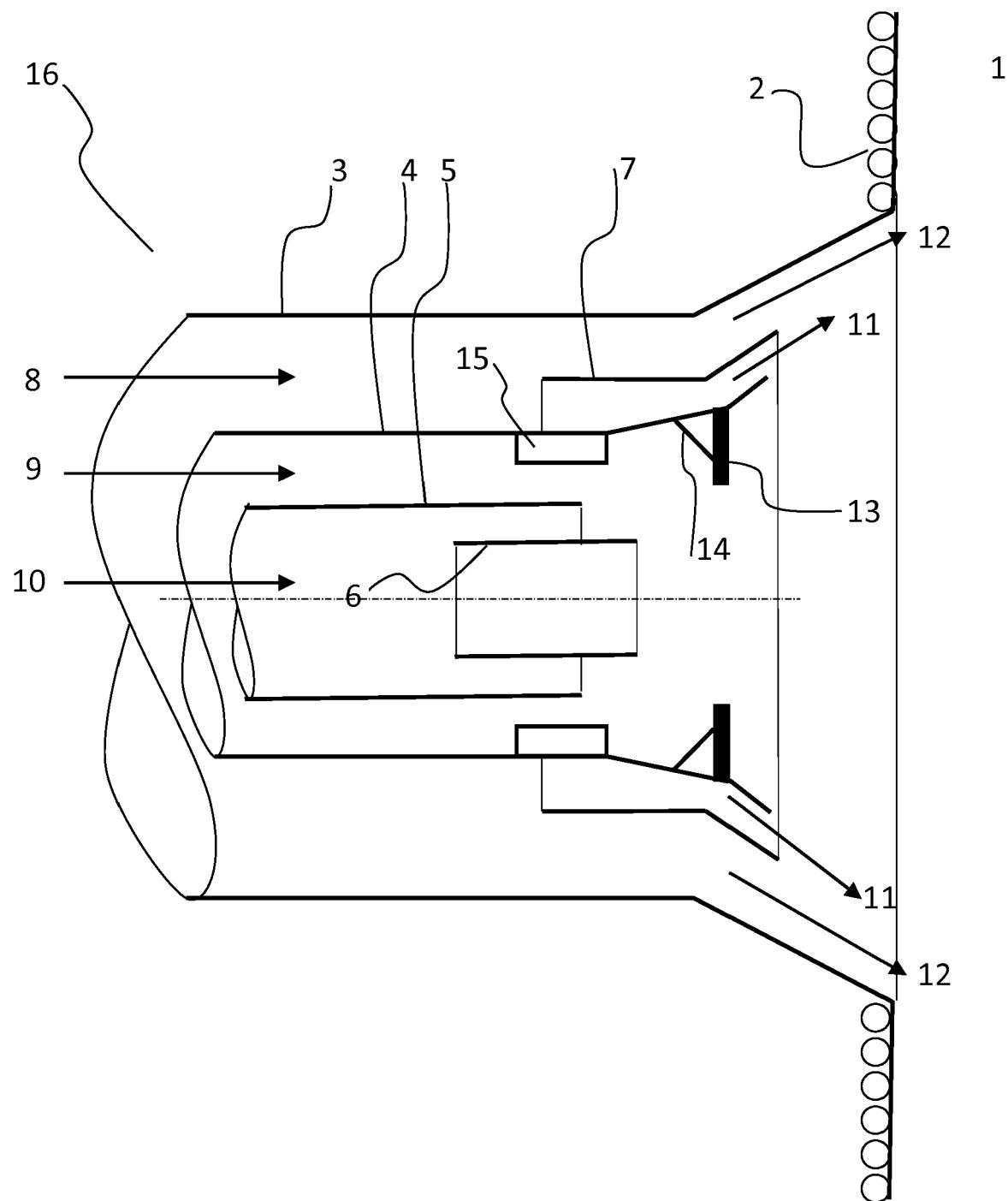
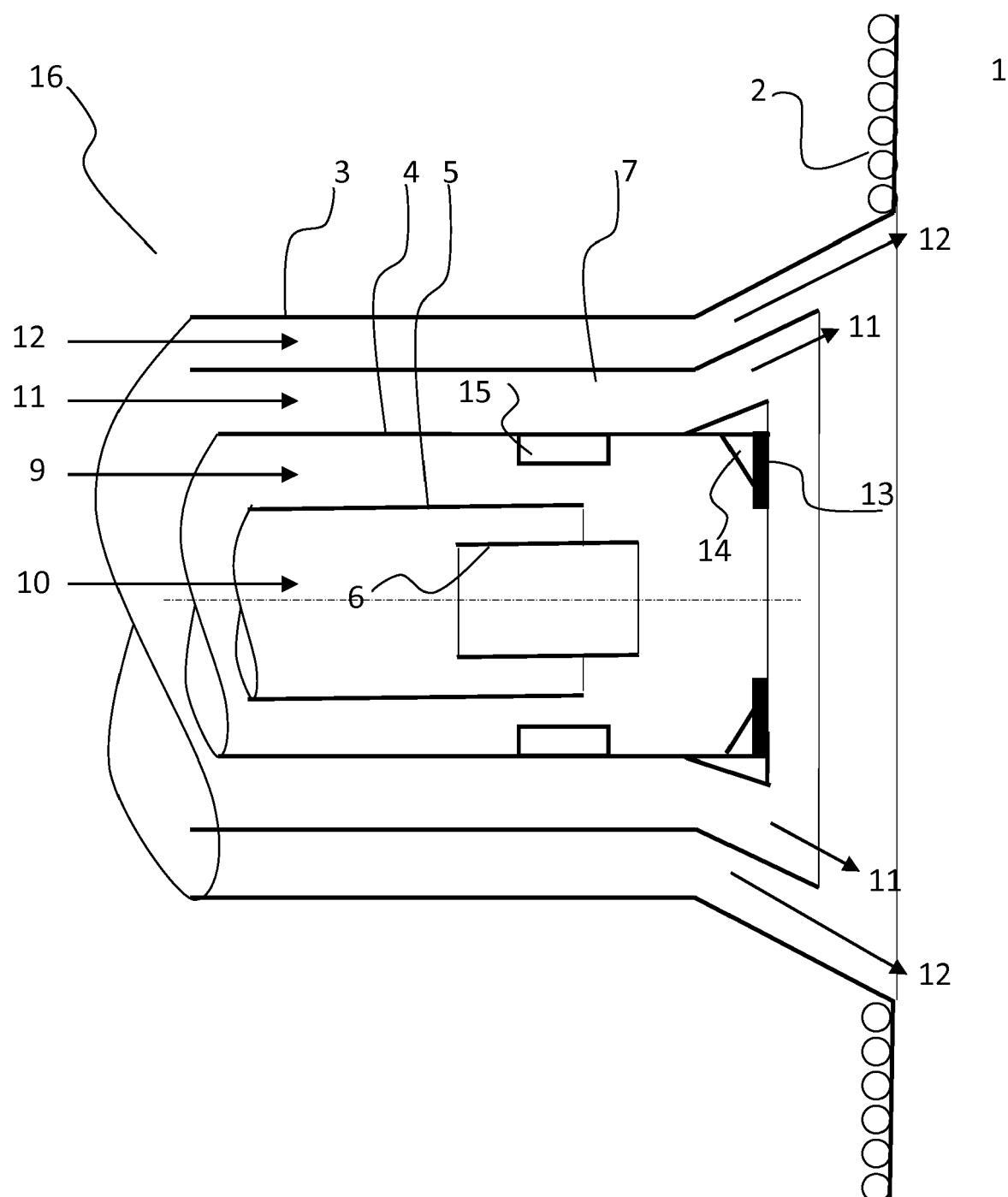
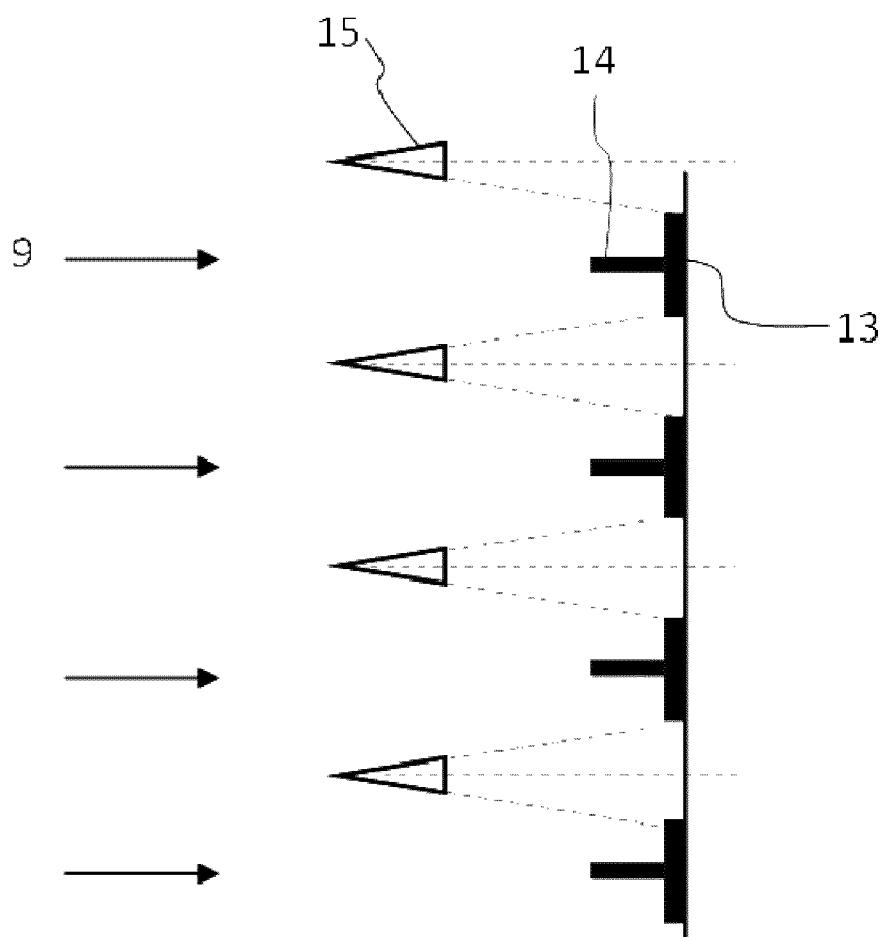


Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**

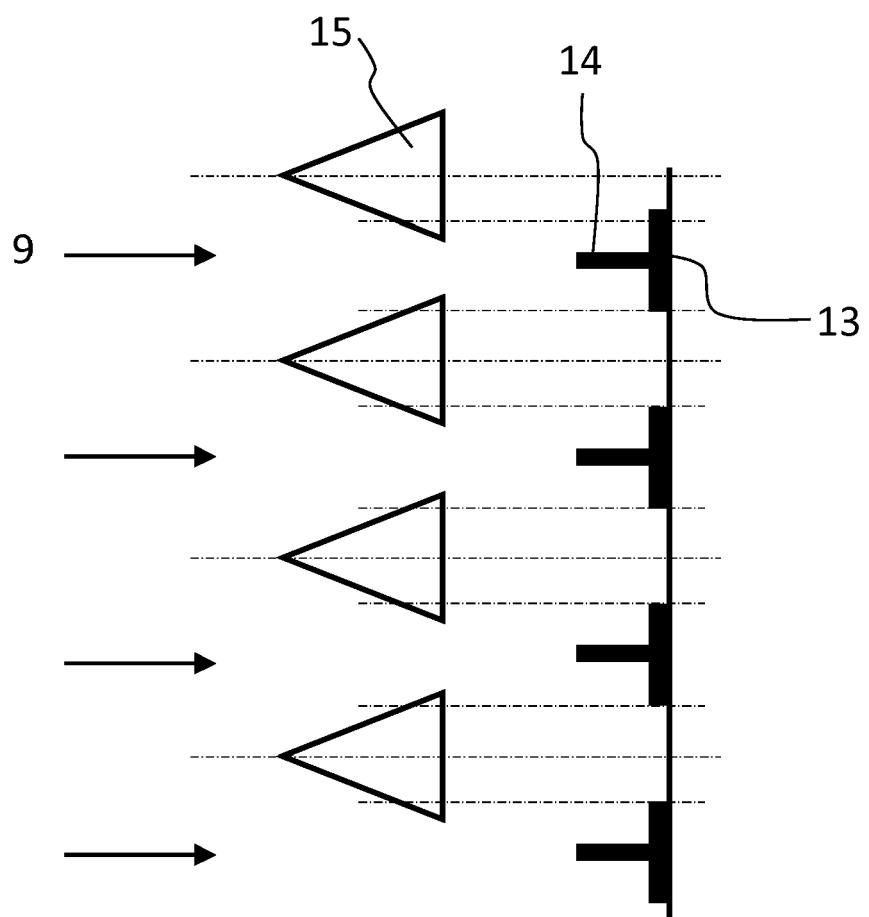
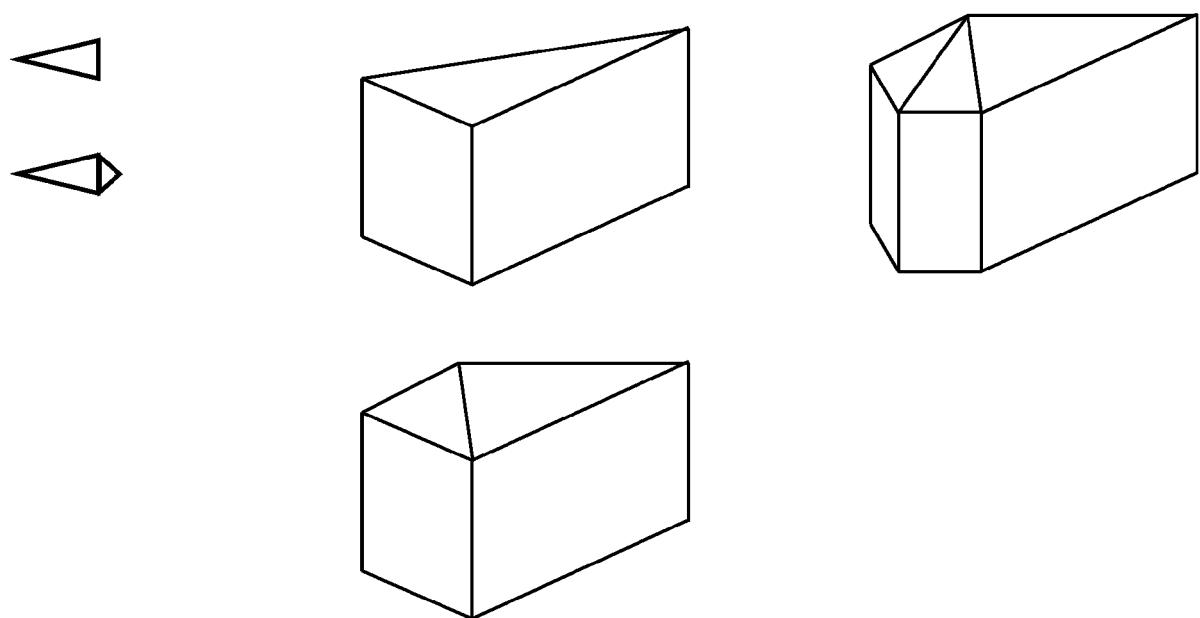
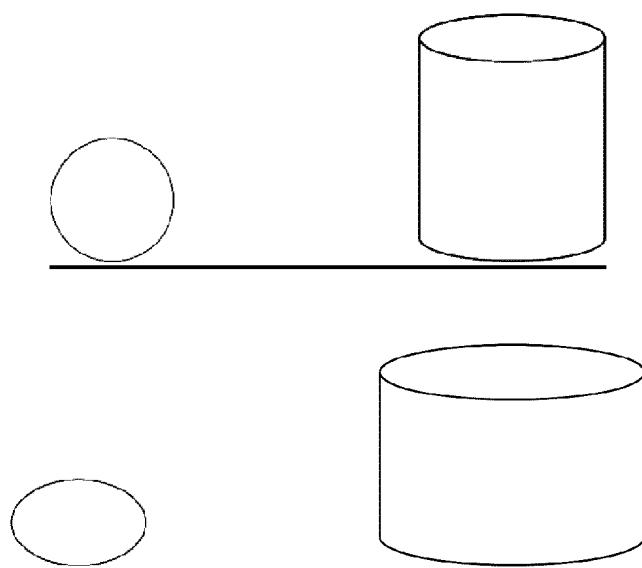


Fig. 4



**Fig. 5**



**Fig. 6**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 16 17 8687

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 343 767 A1 (NORTHERN ENG IND [GB]) 29. November 1989 (1989-11-29) * das ganze Dokument *	1-3,7, 9-15	INV. F23D1/00
X	EP 2 796 785 A2 (RJM CORP EC LTD [GB]) 29. Oktober 2014 (2014-10-29) * Absätze [0030] - [0039] * * Abbildungen 1, 3, 4 * -----	1,2, 7-11, 13-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
			F23D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
2	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 6. Dezember 2016	Prüfer Vogl, Paul
50	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
55	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 8687

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-12-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 0343767	A1	29-11-1989	AU 3097489 A CA 1315605 C CN 1036070 A DE 68912401 D1 DE 68912401 T2 DK 103389 A EP 0343767 A1 ES 2050791 T3 FI 891038 A IE 62676 B1 JP 2544662 B2 JP H01305206 A NO 890914 A US 4930430 A	07-09-1989 06-04-1993 04-10-1989 03-03-1994 23-06-1994 05-09-1989 29-11-1989 01-06-1994 05-09-1989 22-02-1995 16-10-1996 08-12-1989 05-09-1989 05-06-1990
20	EP 2796785	A2	29-10-2014	EP 2796785 A2 GB 2513389 A US 2014322658 A1	29-10-2014 29-10-2014 30-10-2014
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4325643 A1 [0008]