(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 037 173 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
**18.03.2009 Patentblatt 2009/12**

(21) Anmeldenummer: **07018075.7**

(22) Anmeldetag: **14.09.2007**

(51) Int Cl.:
***F23D 11/40*** *(2006.01)* ***F23D 14/02*** *(2006.01)*
***F23D 17/00*** *(2006.01)* ***F23C 7/00*** *(2006.01)*
***F23C 9/00*** *(2006.01)*

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
**AL BA HR MK RS**

(71) Anmelder: **E.C.B. GmbH**
**01796 Pirna (DE)**

(72) Erfinder:
- **Stittrich, Hans-Jürgen**
**01796 Pirna (DE)**
- **Stang, Michael**
**7312 Pfäfers (CH)**
- **Lohse, Torsten**
**01705 Freital (DE)**
- **Kretschmer, Sebastian**
**01157 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Samson & Partner**
**Widenmayerstrasse 5**
**80538 München (DE)**

# (54) Brennerkopf und Verfahren zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer vom Brennerkopf beabstandeten Verbrennungszone

(57) Brennerkopf zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer vom Brennerkopf stromabwärts beabstandeten Verbrennungszone, mit: einem Brennerrohr (22) mit einem stromabwärts gelegenen Ende (36); einer Dralleinrichtung (38) zur Zufuhr verdrallter Verbrennungsluft in eine erste verbrennungsfreie Mischzone (52) stromabwärts der Dralleinrichtung (38) innerhalb des Brennerrohrs (22); und wenigstens einer ersten Brennstoffdüse (8; 16) stromabwärts der Dralleinrichtung (38) innerhalb des Brennerrohrs (22) zur Zufuhr von Brennstoff in die erste Mischzone (52) zur Mischung von unverbranntem Brennstoff der wenigstens einen ersten Brennsoffdüse (8; 16) mit verdrallter Verbrennungsluft.

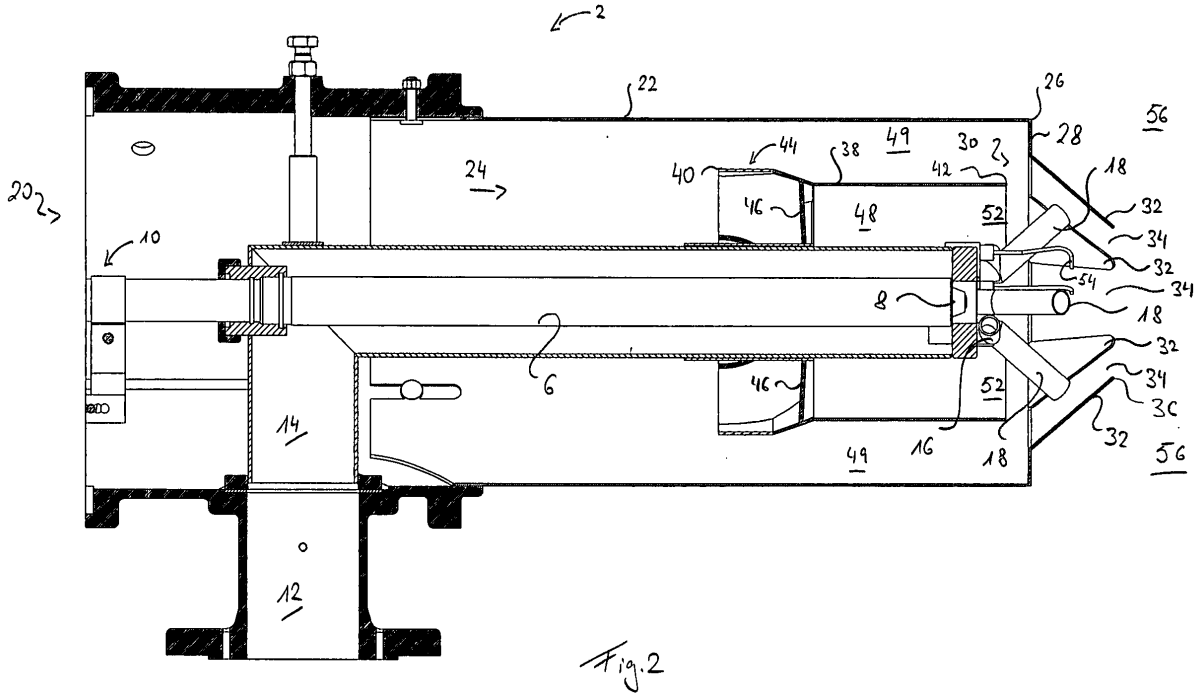



Fig. 2

EP 2 037 173 A1

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die einstufige Verbrennung von Brennstoff in einer von einem Brennerkopf beabstandeten, stromabwärts gelegenen Verbrennungszone in einem Brennraum.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Bei Verbrennung fossiler Brennstoffe in Feuerungsanlagen entstehen im Allgemeinen umweltbelastende Schadstoffemissionen, insbesondere in Form von Stickoxiden (z. B. NO, $NO_2$), die üblicherweise zusammenfassend als NOx bezeichnet werden. Im Fall von Stickoxiden hat sich die Rezirkulation bzw. Rückführung von bei der Verbrennung entstehenden Abgasen als wirksam herausgestellt. Rezirkulierte Abgase führen zu einer Verringerung von bei Verbrennung entstehenden Stickoxiden. Durch die Rückführung von Abgas kann die Flammentemperatur gesenkt und damit die Stickoxidentstehung verringert werden, für die hohe Verbrennungstemperaturen verantwortlich sind, und/oder Brennstoffgemische mit einer Stöchiometrie erzeugt werden, die zu einer Verringerung von Stickoxid führt. Jedoch führt eine Einmischung von Abgas tendenziell zu einer Destabilisierung der Flamme.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Brennstoff zweistufig zu verbrennen, wobei Brennstoff in zwei unterschiedlichen, in Strömungsrichtung hintereinander liegenden Verbrennungszonen verbrannt wird. Ein solcher Ansatz ist beispielsweise aus DE 195 09 219 A1 bekannt.

**[0004]** Alternativ werden einstufige Verbrennungen, insbesondere wenn Abgas rezirkuliert wird, verwendet. Verfahren und Vorrichtungen zur einstufigen Verbrennung sind beispielsweise aus EP 1 245 901 A1, DE 197 04 721 A1 und DE 10 2005 038 662 A1 bekannt. Allerdings gibt es bei bekannten Ansätzen zur einstufigen Verbrennung Schwierigkeiten, eine vom Brennkopf beabstandete Flamme zu stabilisieren, deren Überwindung zusätzliche Maßnahmen erfordert.

**[0005]** Die obigen Ausführungen gelten insbesondere für reine Gasbrenner (Einstoffbrenner) und Gas-Öl-Brenner (Zweistoffbrenner) im Gasbetrieb. Bei einem Ölbrenner (Einstoffbrenner) oder Gas-Öl-Brenner (Zweistoffbrenner) im Ölbetrieb stellen sich hinsichtlich der Stabilisierung der Flamme vergleichbare Probleme, wenn sie hier auch geringer ausfallen. Des Weiteren ist auch hier die Durchmischung von Brennstoff (z. B. Öl) und Verbrennungsluft für die resultierende Brennstoff-Verbrennungsluft-Mischung und das Brennstoffverhalten insgesamt von Bedeutung. Je intensiver die Durchmischung erreicht werden kann, desto optimaler gestaltet sich der Brennvorgang. Allerdings ist die Durchmischung von Brennstoff (z. B. Öl, Gas) und Verbrennungsluft ein zu verbessernder Aspekt.

### Aufgabe der Erfindung

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei einstufiger Verbrennung von Brennstoffen für eine verbesserte Ausbildung und Stabilisierung einer vom Brennkopf beabstandeten Flamme zu sorgen und dabei eine Entstehung von Schadstoffen, insbesondere Stickstoffen, durch Abgasrückführung zu minimieren; vorteilhafterweise soll dies sowohl für Einstoffbrenner als auch für Zweistoffbrenner erreicht werden.

### Kurzbeschreibung der Erfindung

**[0007]** Zur Lösung der obigen Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung einen Brennerkopf und ein Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereit. Bevorzugte Ausführungsformen derselben sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Insbesondere stellt die vorliegende Erfindung einen Brennerkopf zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer Verbrennungszone bereit, die vom Brennerkopf stromabwärts desselben beabstandet ist. Der Brennerkopf umfasst ein Brennerrohr mit einem stromabwärts gelegenen Ende, eine Dralleinrichtung zur Zufuhr verdrallter Verbrennungsluft in eine erste verbrennungsfreie Mischzone stromabwärts der Dralleinrichtung innerhalb des Brennerrohrs und wenigstens eine erste Brennstoffdüse, die stromabwärts der Dralleinrichtung und innerhalb des Brennerrohrs angeordnet ist und zur Zufuhr von Brennstoff in die erste Mischzone dient, um unverbrannten Brennstoff mit von der Dralleinrichtung verdrallter Verbrennungsluft zu mischen.

**[0009]** Erfindungsgemäß umfasst die Dralleinrichtung einen ersten Bereich mit Drallelementen, mit denen der Dralleinrichtung zugeführte Verbrennungsluft verdrallt wird. Die Dralleinrichtung weist ferner einen zweiten Bereich auf, der stromabwärts des ersten Bereichs gelegen ist und so ausgeführt ist, dass im ersten Bereich verdrallte Verbrennungsluft getrennt von weiterer (insbesondere im Brennerrohr geführter) Verbrennungsluft zu führen.

**[0010]** Vorzugsweise umfasst der Brennerkopf zweite Brennstoffdüsen, die stromabwärts der wenigstens einen ersten Brennstoffdüse innerhalb des Brennerkopfs angeordnet sind und zur Zufuhr von Brennstoff stromauf des stromabwärts gelegenen Endes des Brennerrohrs derart dienen, dass Brennstoff der zweiten Brennstoffdüsen in Richtung einer zweiten verbrennungsfreien Mischzone außerhalb des Brennerkopfs abgegeben und dort als unverbrannter Brennstoff mit aus einem Brennerraum rezirkulierten Verbrennungsabgasen gemischt wird.

**[0011]** Bei bevorzugten Ausführungsformen sind an dem stromabwärts gelegenen Ende des Brennerrohrs Leiteinrichtungen vorgesehen, die voneinander beabstandet sind und sich schräg nach innen zur Längsachse des Brennerrohrs hin erstrecken. Vorzugsweise definieren die Leiteinrichtungen das stromabwärts gelegene Ende des Brennerkopfs.

**[0012]** Die Dralleinrichtung kann von einem ersten Bereich innerhalb des Brennerrohrs umgeben sein, wobei der erste Bereich zur Zufuhr von in Richtung der Längsachse des Brennerrohrs strömender, nicht verdrallter Verbrennungsluft in Richtung auf das stromabwärts gelegene Ende des Brennerrohrs hin und vorzugsweise zu den Leiteinrichtungen dient.

**[0013]** Bei bevorzugten Ausführungsformen kann der erste Bereich durch eine radial außen liegende Oberfläche der Dralleinrichtung und eine radial innen liegende Oberfläche des Brennerrohrs begrenzt sein.

**[0014]** Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann neben dem ersten Bereich ein zweiter Bereich vorgesehen sein, der die Dralleinrichtung wenigstens teilweise umgibt und selbst wenigstens teilweise von dem ersten Bereich umgeben ist. Auch der zweite Bereich kann zur Zufuhr von Verbrennungsluft dienen.

**[0015]** Vorzugsweise ist der zweite Bereich durch eine radial außen liegende Oberfläche der Dralleinrichtung und eine die Dralleinrichtung wenigstens teilweise umgebende Bewandung umgeben.

**[0016]** Der zweite Bereich kann an seinem stromaufwärts gelegenen Ende eine begrenzende Struktur aufweisen, in der Öffnungen ausgebildet sind, über die der zweite Bereich mit Verbrennungsluft versorgt werden kann.

**[0017]** Der zweite Bereich kann dazu ausgeführt sein, in Längsrichtung des Brennerrohrs strömende unverdrallte Brennungsluft zu führen. Alternativ kann der zweite Bereich ausgeführt sein, um verdrallte Brennungsluft zu führen.

**[0018]** Vorzugsweise umfassen die oben genannten Leiteinrichtungen jeweils eine deltaförmige Fläche.

**[0019]** Vorzugsweise ist die Dralleinrichtung in Richtung der Längsachse des Brennerrohrs in diesem verschiebbar.

**[0020]** Die wenigstens eine erste Brennstoffdüse kann so ausgelegt und/oder angeordnet sein, dass Brennstoff in Richtung senkrecht zur Längsachse des Brennerrohrs zugeführt wird.

**[0021]** Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die wenigstens eine erste Brennstoffdüse jeweils einen Brennstoffauslass aufweisen, über den ergänzend oder alternativ zum eigentlichen Auslass der Brennstoffdüse Brennstoff im Wesentlichen drucklos abgegeben werden kann.

**[0022]** Die zweiten Brennstoffdüsen sind vorzugsweise so ausgelegt und/oder ausgeführt, dass sie Brennstoff in Richtung schräg nach außen, unter einem Winkel zur Längsachse des Brennerrohrs abgeben können.

**[0023]** Vorzugsweise ist eine Zündeinrichtung vorhanden, die stromab der ersten Brennstoffdüsen angeordnet ist und zur initialen Zündung von Brennstoff der wenigstens einen ersten Brennstoffdüse dient.

**[0024]** Das stromabwärts gelegene Ende der Dralleinrichtung und/oder ein die erste Mischzone umgebender Bereich des Brennerrohrs können so ausgelegt und/oder angeordnet sein, dass in der ersten Mischzone gemischter Brennstoff und Verbrennungsluft ein brennbares Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch ergeben. Vorzugsweise erreicht dieses Gemisch stromabwärts der ersten Mischzone (insbesondere nach Verlassen der ersten Mischzone) eine Strömungsgeschwindigkeit, die im Wesentlichen der Flammengeschwindigkeit des Brennstoffs entspricht. Mit anderen Worten, in der ersten Mischzone sind die Bedingungen, die für eine Verbrennung dieses Gemischs erforderlich sind, nicht erfüllt; danach aber schon.

**[0025]** Ergänzend oder alternativ kann die Dralleinrichtung und/oder ein die erste Mischzone umgebender Bereich des Brennerrohrs und/oder die wenigstens eine erste Brennstoffdüse so ausgelegt und/oder angeordnet sein, dass Brennstoff und Verbrennungsluft in der ersten Mischzone ein Verbrennungsluft-Gemisch mit einem Drall ergeben, der bewirkt, dass sich die Verbrennungszone stromabwärts des Brennerkopfs, und insbesondere außerhalb desselben ausbildet und dort stabilisiert.

**[0026]** Die wenigstens eine erste Brennstoffdüse kann zur Abgabe flüssigen Brennstoffs und/oder gasförmigen Brennstoffs ausgeführt sein. Die zweiten Brennstoffdüsen dienen vorzugsweise zur Abgabe gasförmigen Brennstoffs.

**[0027]** Des weiteren stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer von einem Brennerkopf stromabwärts beabstandeten in einem Brennraum vorgesehenen Verbrennungszone bereit, wobei folgende Schritte durchgeführt werden: Zuführen von verdrallter Verbrennungsluft und unverbranntem Brennstoff in eine erste verbrennungsfreie Mischzone, die innerhalb des Brennerkopfs vorgesehen ist, um ein zündfähiges Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zu erzeugen; Zuführen des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisches der ersten Mischzone in die Verbrennungszone; und Verbrennen des Gemischs in der Verbrennungszone.

**[0028]** Erfindungsgemäß wird die Verbrennungsluft, die zur Mischung mit dem unverbrannten Brennstoff vorgesehen ist, verdrallt und so geführt, dass sie getrennt von weiterer Verbrennungsluft geführt wird, die nicht verdrallt wird. Insbesondere ist es vorgesehen, die getrennte Führung der verdrallten Verbrennungsluft in Richtung auf die erste Mischzone hin durchzuführen.

**[0029]** Vorzugsweise wird ausgehend von einem Bereich stromabwärts der ersten Mischzone weiterer unverbrannter Brennstoff in eine zweite Mischzone zugeführt, die stromabwärts und außerhalb des Brennerkopfs vorgesehen ist. Vorzugsweise wird dabei im Brennraum vorhandenes Abgas in die zweite Mischzone rückgeführt bzw. rezirkuliert, um zusammen mit nicht verbranntem Brennstoff aus dem Bereich stromabwärts der ersten Mischzone in der zweiten Mischzone ein Brennstoff-Abgas-Gemisch zu erzeugen. Das Brennstoff-Abgas-Gemisch der zweiten Mischzone wird ebenfalls in die Verbrennungszone zugeführt und dort, falls vorhanden, zusammen mit dem Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone verbrannt.

**[0030]** Vorzugsweise wird zusätzlich zu der obigen verdrallten Verbrennungsluft und getrennt von dieser weitere Verbrennungsluft zugeführt. Die weitere Verbrennungsluft kann nicht verdrallte Verbrennungsluft sein oder nicht verdrallte und verdrallte Verbrennungsluft umfassen.

**[0031]** Der Brennstoff kann im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung der ersten Mischzone zugeführt werden.

**[0032]** Der Brennstoff für die erste Mischzone kann unter Druck (z.B. über den jeweiligen Auslass der wenigsten einen ersten Brennstoffdüse) und/oder im Wesentlichen drucklos (z.B. über eine oder mehrere Öffnungen, die in der wenigsten einen ersten Brennstoffdüse stromauf des jeweiligen Auslasses ausgebildet sein können) zugeführt werden.

**[0033]** Vorzugsweise wird der zweiten Mischzone Brennstoff in Richtung schräg zur Strömungsrichtung, unter einem Winkel zur Längsrichtung des Brennerrohrs zugeführt.

**[0034]** Das Brennstoff-Abgas-Gemisch der zweiten Mischzone kann in eine Flammenwurzel an dem dem Brennerkopf benachbarten Ende der Verbrennungszone zugeführt werden.

**[0035]** Insbesondere ist es vorgesehen, dass das Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone so verdrallt wird, dass sich die Verbrennungszone stromabwärts und außerhalb des Brennkopfs ausbildet und dort stabilisiert.

**[0036]** Des weiteren ist es bevorzugt, dass das Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone eine Strömungsgeschwindigkeit hat, die im Wesentlichen der Flammengeschwindigkeit des Brennstoffs entspricht, wenn dieses Gemisch die erste Mischzone verlässt oder verlassen hat.

**[0037]** Das bzw. die Gemische können anfänglich mittels einer Zündeinrichtung gezündet werden, die am stromabwärts gelegenen Ende des Brennerkopfs angeordnet ist. Nachfolgende Entzündung des Gemischs bzw. der Gemische kann, wenn in der Verbrennungszone Verbrennung abläuft, durch Rückwirkung aus der Verbrennungszone erfolgen, insbesondere durch Strahlung und Konvexion.

**[0038]** Vorzugsweise wird der ersten Mischzone flüssiger Brennstoff zugeführt.

**[0039]** Bei weiteren Ausführungsformen kann der erste Mischzone gasförmiger Brennstoff und der zweiten Mischzone ebenfalls gasförmiger Brennstoff zugeführt werden.

**[0040]** Des weiteren stellt die vorliegende Erfindung eine Dralleinrichtung für den Brennerkopf bereit, die einen ersten Bereich mit Drallelementen zum Verdrallen von Verbrennungsluft und einen zweiten Bereich aufweist, der bei Verwendung der Dralleinrichtung stromabwärts des ersten Bereichs gelegen ist und zur abgeschirmten Führung von Verbrennungsluft dient.

## Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0041]** Bei der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die zeigen:

Fig. 1 und 2 schematische Ansichten von Querschnitten in Längsrichtung einer bevorzugten Ausführungsform der ausgelegten Erfindung für den Ölbetrieb (Fig. 1) bzw. den Gasbetrieb (Fig. 2) als Zweistoffbrennerkopf (Gas-Öl-Brennerkopf);

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ansicht des stromabwärts gelegenen Endes der Ausführungsform von Fig. 1 und 2;

Fig. 4 eine schematische Teilansicht eines Querschnitts in Längsrichtung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung im Bereich der Brennstoffdüsen;

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Querschnitts in Längsrichtung einer erfindungsgemäßen Ausführungsform mit dreifacher Verbrennungsluftzufuhr; und

Fig. 6 eine schematische Ansicht eines Querschnitts in Längsrichtung einer erfindungsgemäßen Ausführungsform mit zweifacher Verbrennungsluftzufuhr, die als reiner Gasbrennerkopf ausgelegt ist; und

Fig. 7 eine schematische Ansicht eines Querschnitts in Längsrichtung einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, die als reiner Ölbrennerkopf ausgelegt ist.

## Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

**[0042]** Wie eingangs ausgeführt, kann die Menge von bei einstufiger Verbrennung erzeugten Stickoxiden verringert werden, wenn Verbrennungsabgas rezirkuliert bzw. rückgeführt und zusammen mit Brennstoff ein Gemisch bildet, das alleine oder zusammen mit einem weiteren Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch verbrannt wird. Eine wirksame Rückführung von Abgas, dessen Vermischung mit Brennstoff und/oder Verbrennungsluft kann mit Brennerköpfen erreicht werden, die eine vom Brennerkopf beabstandete und dort stabilisierte Flamme erzeugen. Derartige Brennerköpfe sind beispielsweise aus DE 197 04 721 A1 und DE 10 2005 038662 A1 bekannt. Die vorliegende Erfindung stellt gegenüber solchen bekannten Brennerköpfen und dabei verwendeten Verfahren eine Verbesserung dar, als sie für eine verbesserte Stabilisierung der vom Brennerkopf beabstandeten Flamme sorgt, Verbrennungsluft und Brennstoff im Brennerkopf intensiver vermischt, eine Optimierung der Vermischung mit rückgeführtem Abgas ermöglicht und es erlaubt, die Zufuhr von Verbrennungsluft so zu

wählen, dass eine Anpassung auf unterschiedliche Brennräume erreicht werden kann. Des weiteren kann auf eine Pilotflamme innerhalb des Brennerkopfs verzichtet werden, die bei früheren Ansätzen dauerhaft betrieben wurde. Bei der vorliegenden Erfindung ist eine dem Brennerraum benachbarte elektrische Zündung vorgesehen, die aber im Allgemeinen nur anfänglich zum (z. B. erstmaligen) Zünden verwendet wird; hat sich eine Flamme gebildet und stabilisiert, erfolgt die weitere Zündung durch Rückwirkung aus der Flamme.

**[0043]** Bevor unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen bevorzugte Ausführungsformen detaillierter beschrieben werden, folgen einige allgemeine Anmerkungen:

> Bei einem Brennerkopf kann klar zwischen sogenannten Mischzonen und sogenannten Verbrennungszonen unterschieden werden.

**[0044]** In einer Mischzone werden unterschiedliche Fluide gemischt, die(noch) nicht verbrannt werden. In einer Mischzone sind üblicherweise die Bedingungen, die für eine Verbrennung vorliegen müssen, nicht erfüllt. Dieses Verständnis des Begriffs Mischzone ist im Folgenden zugrunde gelegt.

**[0045]** Eine Verbrennungszone ist ein Bereich, in dem die zur Verbrennung erforderlichen Bedingungen vorliegen. Eine Verbrennungszone liegt vor, wenn ein zündfähiges Gemisch (z. B. Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch, Brennstoff-Verbrennungsluft-Abgas-Gemisch) vorliegt, die Strömungsgeschwindigkeit des zündfähigen Gemischs und die Flammengeschwindigkeit im Wesentlichen gleich sind und eine Temperatur vorliegt, die gleich oder größer der Zündtemperatur des zündfähigen Gemischs ist. In Bereichen, in denen diese Bedingungen nicht erfüllt sind, kann keine Zündung bzw. Verbrennung erfolgen.

**[0046]** Fig. 1, 2 und 3 zeigen Querschnittsansichten einer bevorzugten Ausführungsform eines Brennerkopfs 2. Der gezeigte Brennerkopf 2 ist als Zweistoffbrenner ausgeführt, mit dem flüssige und gasförmige Brennstoffe (z. B. Öl, Gas) verbrannt werden können. Über einen Anschluss 4 kann flüssiger Brennstoff zugeführt werden, der über ein Brennstoffrohr 6 einer Brennstoffdüse 8 zugeführt werden kann, die für flüssigen Brennstoff ausgelegt ist und solchen unter Druck abgeben kann. Das Brennstoffrohr 6 und die damit verbundene Brennstoffdüse 8 können mittels einer im Ganzen mit 10 bezeichneten Einrichtung in Längsrichtung bewegt werden. Diese Bewegbarkeit erlaubt es, die Brennstoffdüse 8 beim Betrieb des Brennerkopfs 2 mit gasförmigen Brennstoffen zurückzuziehen, um thermische Überlastung oder Beschädigung der Brennstoffdüse 8 zu verhindern. Fig. 1 zeigt die zur Zufuhr von Brennstoff positionierte Brennstoffdüse 8, während Fig. 2 eine Einstellung zeigt, bei der die Düse 8 zurückgezogen ist.

**[0047]** Über einen Anschluss 10 kann gasförmiger Brennstoff zugeführt werden, der über ein Brennstoffrohr 14 zu Brennstoffdüsen 16 und 18 weitergeleitet werden kann, die zur Zufuhr von gasförmigem Brennstoff ausgelegt sind.

**[0048]** An seinem in Fig. 1 und 2 links gezeigten Ende 20 ist der Brennerkopf 2 offen, um Verbrennungsluft zuführen zu können.

**[0049]** Aufgrund der Richtungen, in denen flüssiger Brennstoff, gasförmiger Brennstoff und Verbrennungsluft insbesondere ein Brennerrohr 22 des Brennerkopfs 2 im Betrieb durchströmen, wird die durch den Pfeil 24 angegebene Richtung als Strömungsrichtung beziehungsweise als Richtung stromabwärts bezeichnet, während entgegengesetzte Richtungen als stromaufwärts bezeichnet werden. Die Richtung 24 verläuft parallel zur Längsachse des Brennerkopfs 2, weshalb das Bezugszeichen 24 auch auf die Brennerkopflängsachse verweist.

**[0050]** An dem in Fig. 1 und 2 rechts gezeigten, stromabwärts gelegenen Ende 26 des Brennerrohrs 22 ist eine optionale ringförmige Scheibe 28 vorgesehen, die sich im Wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung 24 erstreckt. Der innere Rand der Scheibe 28 begrenzt eine Öffnung 30, durch die Verbrennungsluft und Brennstoff (gasförmig und/oder flüssig) oder Gemische derselben von dem Brennerkopf 2 abgegeben werden können. Bei Ausführungsformen ohne die Scheibe 28 hat die Öffnung 30 einen Durchmesser, der im Wesentlichen dem Durchmesser des Brennerrohrs 22, wenigstens an dessen Ende 26, entspricht.

**[0051]** Bei der gezeigten Ausführungsform erstrecken sich von dem radial innenliegenden Rand der Scheibe 28, die die Öffnung 30 definiert, Leiteinrichtungen 32. Bei nicht gezeigten Ausführungsformen ohne Scheibe 28 erstrecken sich die Leiteinrichtungen 32 ausgehend von dem Ende 26 des Brennerrohrs 22. Bei weiteren nicht gezeigten Ausführungsformen sind keine Leiteinrichtungen, sondern nur die Scheibe 28 vorhanden.

**[0052]** Die Leiteinrichtungen 32 erstrecken sich schräg nach innen und in Richtung stromabwärts. Die Leiteinrichtungen 32 umfassen jeweils eine flächige Struktur, die bei der gezeigten Ausführungsform deltaförmig oder dreieckig ist. Zwischen den Leiteinrichtungen 32 sind Zwischenräume 34 vorgesehen, durch die Verbrennungsluft, Brennstoff und/oder Gemische derselben den Brennerkopf 2 verlassen können.

**[0053]** Die Scheibe 28 und/oder die Leiteinrichtung 32 regen die Rezirkulation von Abgas an.

**[0054]** Falls vorhanden, bilden die Leiteinrichtungen 32 und insbesondere deren freien Enden 36 bilden das stromabwärts gelegene Ende des Brennerkopfs 2. Ohne Leiteinrichtungen fallen das stromabwärts gelegene Ende des Brennerkopfs 2 und der Bereich, der in Fig. 1 und 2 am Weitesten rechts liegt, zusammen. Dies kann z.B. das Ende 26 oder die Scheibe 28 sein.

**[0055]** Eine Dralleinrichtung 38 ist an der äußeren Fläche des Brennstoffrohrs 14 in dessen stromabwärts gelegenem Endbereich angeordnet. Die Dralleinrichtung 38 ist an ihren stromaufwärts und stromabwärts gelege-

nen Enden 40 bzw. 42 offen. Über das offene Ende 40 kann Verbrennungsluft in einen Bereich 44 gelangen, in dem Drallelemente 46 angeordnet sind. Die Drallelemente 46, die beispielsweise in Fig. 3 zu sehen sind, können Leitbleche, Schaufeln, Flächen, Kanäle und dergleichen umfassen, die über das Ende 40 zugeführte Verbrennungsluft verdrallen können. Insbesondere ist es vorgesehen, dass Verbrennungsluft, die stromaufwärts der Dralleinrichtung 38 im Wesentlichen nur in Strömungsrichtung 24 (oder bezüglich der Längsachse 24 in axialer Richtung) strömende Anteile aufweist, so mit den Drallelementen 46 wechselwirkt, dass stromabwärts des Bereichs 44 die strömende Verbrennungsluft Strömungsanteile umfasst, die - bezogen auf die Längsachse des Brennerrohrs 2 - axial, radial und tangential verlaufen.

**[0056]** An den Bereich 44 schließt sich ein im Wesentlichen zylindrischer Bereich 48 der Dralleinrichtung 38 an. Verdrallte Verbrennungsluft aus dem Bereich 44 strömt durch den zylindrischen Bereich 48. Die Dralleinrichtung 38 und insbesondere der Bereich 48 trennt verdrallte Verbrennungsluft von Verbrennungsluft, die in einem Bereich 49 zwischen der Dralleinrichtung 38 und den diese umgebenden inneren Oberflächen des Brennerrohrs 22 strömt, und zwar im Wesentlichen in Strömungsrichtung bzw. axialer Richtung. In dem Bereich 48 wird von den Drallelementen 46 verdrallte Verbrennungsluft abgeschirmt (von außerhalb der Drallrichtung 38 geführte Verbrennungsluft) geführt, und zwar in Richtung auf die erste Mischzone 52 hin oder bis in diese hinein.

**[0057]** Die zur Zufuhr von über das Brennstoffrohr 14 zugeführte Brennstoff vorgesehenen Brennstoffdüsen können in zwei Gruppen unterteilt werden, nämlich die Brennstoffdüsen 16, die Brennstoff in einen Bereich abgeben, der verglichen mit dem von den Brennstoffdüsen 18 mit Brennstoff versorgbarem Bereich weiter stromaufwärts liegt. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Brennstoffdüsen 16 Brennstoff quer zur Strömungsrichtung abgeben. Dies kann erreicht werden, wenn, wie in den Figuren gezeigt, die Auslässe 17 der Brennstoffdüsen 16 in die gewünschte Abgaberichtung weisen. Optional können die Brennstoffdüsen 16, wie in Fig. 4 gezeigt, eine oder mehrere bezüglich durch die Brennstoffdüsen 16 strömenden Brennstoffs stromaufwärts angeordnete Öffnungen 50 aufweisen. Die Öffnungen 50 können als zusätzlicher Auslass für Brennstoff dienen, wobei über die Öffnungen 50 abgegebener Brennstoff im Wesentlichen drucklos abgegeben wird. Dem gegenüber geben die Brennstoffdüsen 16 an ihren Auslässen 17 Brennstoff unter Druck ab.

**[0058]** Von den Brennstoffdüsen 16 abgegebener Brennstoff gelangt in einen Bereich im stromabwärts gelegenen Teil der Dralleinrichtung 38 und insbesondere des zylindrischen Bereichs 48, wo er mit verdrallter Luft vermischt wird. Dieser Bereich wird daher als Mischzone bezeichnet, die im ganzen mit 52 angegeben ist.

**[0059]** In der Mischzone 52 wird aus mehreren Gründen eine verglichen mit dem Stand der Technik bessere, homogenere Vermischung von Verbrennungsluft und Brennstoff erreicht.

**[0060]** Der zylindrische Bereich 48 schirmt die verdrallte Verbrennungsluft von der außen an der Dralleinrichtung 38 axial vorbei strömenden Luft. In dem zylindrischen Bereich 48 kann sich im Wesentlichen störungsfrei eine Drallströmung ausbilden und stabilisieren, die vorzugsweise wenigstens bis zu der Mischzone 52 reicht. Die bezüglich der Längsachse des Brennerkopfs 2 radialen und tangentialen Strömungsanteile der verdrallten Verbrennungsluft sorgen für eine intensive Vermischung mit Brennstoff der Brennstoff der Brennstoffdüsen 16. Die Vermischung wird ferner dadurch unterstützt, dass am stromabwärts gelegenen Ende 42 der Dralleinrichtung 38 aufgrund des Flächensprungs (Querschnittsvergrößerung vom Querschnitt des zylindrischen Bereichs 49 zum Querschnitt des Brennerrohrs 22) der axiale, in Strömungsrichtung strömende Anteil langsamer wird. Tangentiale Anteile bleiben gleich, werden aber im Verhältnis zu axialen Anteilen größer. Dies verstärkt den Drall und damit die Vermischung mit Brennstoff zusätzlich.

**[0061]** Die intensive Vermischung von Verbrennungsluft und Brennstoff ergibt sich auch durch die Richtungen, in denen Brennstoff von den Brennstoffdüsen 16 abgegeben wird. Die Brennstoffabgabe im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung 24 in die verdrallte Verbrennungsluft hinein sorgt schon alleine für eine homogene, intensive Vermischung, die in Verbindung mit den Wirkungen der Dralleinrichtung 38 verbessert wird.

**[0062]** Wenn die Öffnungen 50 vorgesehen sind, kann über diese zusätzlicher Brennstoff abgegeben werden, mit dem der Mischungsgrad und/oder die Stöchiometrie in der Mischzone 52 wenigstens beeinflusst, vorzugsweise gesteuert werden kann.

**[0063]** Ein weiterer Vorteil der Dralleinrichtung 38, die verglichen mit bekannten Ansätzen in Strömungsrichtung 24 verlängert ist, besteht darin, dass eine Vermischung von Brennstoff mit nicht verdrallter, an der Dralleinrichtung 38 vorbei strömenden Verbrennungsluft vermieden werden kann. Je mehr in Strömungsrichtung 24 strömende Anteile Verbrennungsluft in einem Bereich zum Mischen mit Brennstoff hat, desto weniger intensiv erfolgt die Vermischung. Ferner wird durch die Trennung der außen in Strömungsrichtung 24 strömenden Verbrennungsluft von der verdrallten Verbrennungsluft vermieden, dass in der Mischzone 52 ein zu armes Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch entsteht.

**[0064]** In der Mischzone 52 wird eine der obigen Bedingungen zur Verbrennung erreicht, nämlich ein zündfähiges Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch. Des weiteren wird eine zweite der obigen Bedingungen erreicht, nämlich dass die Strömungsgeschwindigkeit des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisches im Wesentlichen der Flammengeschwindigkeiten des Brennstoffs entspricht. Diese Bedingung wird stromabwärts der Mischzone 52 erreicht. Wo diese Bedingung erfüllt ist, kann beispielsweise von der Positionierung der Dralleinrichtung 38 und

insbesondere deren Ende 42 relativ zu den Brennstoffdüsen 16, den Strömungsgeschwindigkeiten der unterschiedlichen Strömungsanteile der verdrallten Verbrennungsluft und/oder der Strömungsgeschwindigkeit abhängen, mit der Brennstoff von den Brennstoffdüsen 16 abgegeben wird.

**[0065]** Nun liegt ein zündfähiges Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch mit der richtigen Strömungsgeschwindigkeit vor. Dieses Gemisch verlässt den Brennerkopf 2 durch die Öffnung 30 beziehungsweise die Zwischenräume 34 und gelangt so in einen nicht gezeigten Brennraum. Um dieses Gemisch anfänglich zu entzünden, wird eine vorzugsweise elektrische Zündeinrichtung 54 verwendet. Die Zündeinrichtung 54 und insbesondere deren zur Erzeugung elektrischer Zündfunken vorgesehenen Enden (nicht gezeigt) befinden sich stromaufwärts der Enden 36 der Leiteinrichtungen 32, also innerhalb des Brennerkopfs 2. Bei der anfänglichen Zündung kann es zu einer Entzündung derart kommen, dass sich (äußerst) kurzfristig - wenn überhaupt - eine Flamme bildet, deren Flammenwurzel zwischen den stromabwärts gelegenen Enden der Zündeinrichtung 54 und den Enden 36 der Leiteinrichtungen 32 liegt. Dies ist jedoch, wenn überhaupt, nur kurzfristig der Fall, weil das ausströmende Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch in einer Weise strömt, die zu einer Stabilisierung der Flamme außerhalb des Brennerkopfs 2, nämlich stromabwärts der Enden 36 der Leiteinrichtungen 32 stabilisiert. Mit anderen Worten, die Flamme beginnt außerhalb des Brennerkopfs 2.

**[0066]** Die Zündeinrichtung 54 kann an einer Stelle die Flamme zünden, wo die Flamme nicht stabil brennt, sondern von der aus sie nach Zündung zu einer stabilen Position wandert (stromabwärts). Hat sich die Flamme stabilisiert, erfolgt die Zündung weiter zugeführten Brennstoffs durch Rückzündung aus der Flamme; die Zündeinrichtung 54 ist dafür nicht erforderlich.

**[0067]** Die Brennstoffdüsen 18 geben Brennstoff schräg nach außen ab. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Brennstoffdüsen 18 Brennstoff durch die Zwischenräume 34 zwischen den Leiteinrichtungen 32 nach außen in eine Mischzone 56 befördern. Dort kommt es zu einer Vermischung mit rezirkuliertem Verbrennungsabgas. Die Rezirkulation von Verbrennungsabgas im Brennraum wird durch an der Dralleinrichtung 38 außen vorbei strömende Verbrennungsluft bewirkt, die die Scheibe 28, falls vorhanden, und die Leiteinrichtungen 32 anströmt und an diesen vorbei nach außen in den Brennraum gelangt. Abstromseitig der Leiteinrichtungen 32, das heißt, an den in den Brennraum weisenden Seiten derselben bilden sich Unterdruckzonen mit Wirbelgebieten aus. Die Unterdruckzonen und Wirbelgebiete stromabwärts des Brennerkopfs 2 sorgen für eine intensive, brennrauminterne Rückführung von im Brennraum vorhandenem Abgas in die Mischzone 56. Dort erfolgt eine Vermischung mit Brennstoff der Brennstoffdüsen 18. Dieses Gemisch wird aufgrund der genannten Unterdruckzonen beziehungsweise Wirbelgebieten stromabwärts der Scheibe 28 (falls vorhanden) und der Leiteinrichtungen 32 in die vom Brennerkopf 2 beabstandete Flamme eingemischt. Insbesondere ist es vorgesehen, dass das Brennstoff-Abgas-Gemisch im Wesentlichen unmittelbar in die Flammenwurzel oder kurz danach eingemischt wird. Dabei unterstützen die Leiteinrichtungen 32 durch ihre Anordnung und Ausrichtung die Einmischung dahingehend, dass das Brennstoff-Abgas-Gemisch möglichst weit in den Flammenkern hineingebracht wird und, wenn überhaupt, nur zu einem geringen Teil in außenliegenden Bereichen abbrennt. Je weiter das Brennstoff-Abgas-Gemisch in die Flamme hineingebracht wird, desto besser kann die Entstehung von Stickoxiden verhindert werden.

**[0068]** Die in Fig. 5 veranschaulichte Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform von Fig. 1 bis 4 dadurch, dass es einen weiteren Bereich 58 zur Zufuhr von Verbrennungsluft gibt. Dieser Bereich wird durch ein die Dralleinrichtung 38 wenigstens teilweise umgebendes Rohr 60 gebildet. Darstellungsgemäß schließt sich an das Rohr 60 in Richtung stromaufwärts ein verjüngender Bereich 62 mit Öffnungen 64 an. Durch die Öffnungen 64 kann stromaufwärts zugeführte Verbrennungsluft in den Bereich 58 gelangen und dort im Wesentlichen störungsfrei in Strömungsrichtung strömen. Auch hier erfolgt eine Trennung zwischen verdrallter Verbrennungsluft in der Dralleinrichtung und der Verbrennungsluft, die den Bereich 58 durchströmt. Bei alternativen, nicht gezeigten Ausführungsformen können im Bereich 58 Drallelemente vorgesehen sein, die dort strömende Luft verdrallen.

**[0069]** Ein Vorteil solcher Ausführungsformen mit dreifacher Verbrennungsluftzufuhr besteht darin, dass die funktionellen Strömungen (insbesondere verdrallte Luft innen, mit der die Durchmischung von Brennstoff erreicht wird, und die Scheibe 28 und/oder die Leiteinrichtung 32 ausströmende Luft außen, die die Rezirkulation von Abgas anregt) unabhängig voneinander dimensioniert werden können.

**[0070]** Die mittlere Zufuhr von Verbrennungsluft sorgt für eine noch klarere Trennung von verdrallter Verbrennungsluft innen und von im Wesentlichen in Strömungsrichtung strömender Verbrennungsluft außen. (Fehlende) Verbrennungsluft wird dabei über die mittlere Verbrennungsluftzufuhr bereitgestellt, wobei diese im Wesentlichen unabhängig von der Luftzufuhr außen und innen erfolgt und unabhängig davon dimensioniert (z.B. durch Einstellung und/oder Steuerung) werden kann. Die Einstellung der Luftzufuhr außen und innen sind ebenfalls unabhängig von einander und (gegebenenfalls ebenfalls) unabhängig von der mittleren Luftzufuhr dimensionierbar (z.B. durch Einstellung und/oder Steuerung).

**[0071]** Die Ausführungsform von Fig. 6 unterscheidet sich von der Ausführungsform von Fig. 1 bis 4 dadurch, dass sie als Einstoffbrenner ausgeführt ist, der lediglich eine Brennstoffart verwendet, insbesondere gasförmigen Brennstoff. Weitere nicht gezeigte Ausführungsformen entsprechen der Ausführungsform von Fig. 6 abge-

sehen davon, dass, wie unter Bezugnahme auf Fig. 5 erläutert, eine dreifache Verbrennungsluftzufuhr verwendet wird.

**[0072]** Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform, die sich von der Ausführungsform von Fig. 6 dadurch unterscheidet, dass sie als Einstoffbrenner für flüssigen Brennstoff ausgelegt ist. Zur Zufuhr von flüssigem Brennstoff dient eine Brennstoffdüse 8. Auch hier kann eine dreifache Verbrennungsluftzufuhr verwendet werden.

**[0073]** Bei der Ausführungsform von Fig. 7 wird durch die Dralleinrichtung 38 und insbesondere deren Bereich 48 eine getrennte Führung von verdrallter Luft in der Dralleinrichtung 38 getrennt von außerhalb der Dralleinrichtung 38 geführter Verbrennungsluft erreicht. Durch diese abgeschirmte Führung verdrallter Verbrennungsluft auf die erste Mischzone 52 zu oder in diese hinein, wird eine intensive Vermischung mit Brennstoff der Brennstoffdüse 8 erreicht. Ferner wird aufgrund der abgeschirmten Führung der verdrallten Verbrennungsluft und/oder deren intensive Vermischung mit Brennstoff der Brennstoffdüse 8 eine bessere Stabilität der Flamme beabstandet von dem Brennerkopf 2 im Brennraum erreicht.

**Patentansprüche**

**1.** Brennerkopf zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer vom Brennerkopf stromabwärts beabstandeten Verbrennungszone, mit:

- einem Brennerrohr (22) mit einem stromabwärts gelegenen Ende (30);
- einer Dralleinrichtung (38) zur Zufuhr verdrallter Verbrennungsluft in eine erste verbrennungsfreie Mischzone (52) stromabwärts der Dralleinrichtung (38) innerhalb des Brennerrohrs (22); und
- wenigstens einer ersten Brennstoffdüse (8; 16) stromabwärts der Dralleinrichtung (38) innerhalb des Brennerrohrs (22) zur Zufuhr von Brennstoff in die erste Mischzone (52) zur Mischung von unverbranntem Brennstoff der wenigstens einen ersten Brennsoffdüse (8; 16) mit verdrallter Verbrennungsluft;

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Dralleinrichtung (38) einen ersten Bereich (44) mit Drallelementen (46) zum Verdrallen von Verbrennungsluft und stromabwärts des ersten Bereichs (44) einen zweiten Bereich (48) aufweist, der ausgeführt ist, im ersten Bereich (44) verdrallte Verbrennungsluft getrennt von weiterer Verbrennungsluft zu führen.

**2.** Brennerkopf nach Anspruch 1, mit zweiten Brennstoffdüsen (18) stromabwärts der wenigstens einen ersten Brennstoffdüse (8; 16) innerhalb des Brennerkopfs (2) zur Zufuhr von Brennstoff stromauf des stromabwärts gelegenen Endes (30) des Brennerrohrs (22) in Richtung einer zweiten verbrennungsfreien Mischzone (56) außerhalb des Brennerkopfs (2) zur Mischung von unverbranntem Brennstoff der zweiten Brennstoffdüsen (18) und aus einem Brennraum rezirkulierten Verbrennungsabgasen.

**3.** Brennerkopf nach Anspruch 1 oder 2, mit an dem stromabwärts gelegenen Ende (30) des Brennerrohrs (22) voneinander beabstandeten Leiteinrichtungen (32), die sich schräg nach innen zur Längsachse des Brennerrohres (22) hin erstrecken und das stromabwärts gelegene Ende (36) des Brennerkopfs (2) definieren.

**4.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einem die Dralleinrichtung (38) umgebenden ersten Bereich (49) innerhalb des Brennerrohrs (22) zur Zufuhr von in Richtung der Längsachse des Brennerrohrs (22) strömenden, nicht verdrallten Verbrennungsluft in Richtung auf das stromabwärts gelegene Ende (36) des Brennerrohrs (22) hin.

**5.** Brennerkopf nach Anspruch 4, bei dem der erste Bereich (49) durch eine radial außenliegende Oberfläche der Dralleinrichtung (38) und eine radial innenliegende Oberfläche des Brennerrohrs (22) begrenzt ist.

**6.** Brennerkopf nach Anspruch 4, mit einem zweiten Bereich (58) zur Zufuhr von Verbrennungsluft, wobei der zweite Bereich (58) die Dralleinrichtung (38) wenigstens teilweise umgibt und selbst wenigstens teilweise von dem ersten Bereich (49) umgeben ist.

**7.** Brennerkopf nach Anspruch 6, bei dem der zweite Bereich (58) durch eine radial außenliegende Oberfläche der Dralleinrichtung (38) und eine die Dralleinrichtung (38) wenigstens teilweise umgebende Bewandung (60, 62) umgeben ist.

**8.** Brennerkopf nach Anspruch 6 oder 7, mit in einer den zweiten Bereich (58) an dessen stromauf gelegenen Ende begrenzenden Struktur (62) ausgebildeten Öffnungen (64) zur Versorgung des zweiten Bereichs (58) mit Verbrennungsluft.

**9.** Brennerkopf nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem der zweite Bereich (58) ausgeführt ist, in Längsrichtung des Brennerrohrs (22) strömende, unverdrallte Verbrennungsluft führen.

**10.** Brennerkopf nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem der zweite Bereich (58) ausgeführt ist, verdrallte Verbrennungsluft zu führen.

**11.** Brennerkopf nach einem der Ansprüche 3 bis 10, bei dem die Leiteinrichtungen (32) jeweils eine deltaförmige Fläche aufweisen.

**12.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Dralleinrichtung (38) in Richtung der Längsachse des Brennerrohrs (22) verschiebbar ist.

**13.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die wenigstens eine erste Brennstoffdüse (8; 16) zur Zufuhr von Brennstoff in Richtung senkrecht zur Längsachse des Brennerrohrs (22) ausgelegt sind.

**14.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die wenigstens eine erste Brennstoffdüse (8; 16) jeweils wenigstens einen Brennstoffauslass (50) zur im Wesentlichen drucklosen Zufuhr von Brennstoff aufweisen.

**15.** Brennerkopf nach einem der Ansprüche 2 bis 14, bei dem die zweiten Brennstoffdüsen (18) zur Zufuhr von Brennstoff in Richtung nach schräg außen ausgelegt sind.

**16.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einer Zündeinrichtung (54), die stromab der wenigstens einen ersten Brennstoffdüse (8; 16) angeordnet ist.

**17.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das stromabwärts gelegene Ende der Dralleinrichtung (38) und/oder ein die erste Mischzone (52) umgebender Bereich des Brennerrohrs (22) so ausgelegt sind, dass in der ersten Mischzone (52) gemischter Brennstoff und Verbrennungsluft ein brennbares Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch ergeben, das stromabwärts der ersten Mischzone (52) eine Strömungsgeschwindigkeit erreicht, die im Wesentlichen der Flammengeschwindigkeit des Brennstoff entspricht.

**18.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Dralleinrichtung (38) und/oder ein die erste Mischzone (52) umgebender Bereich des Brennerrohrs (22) und/oder die wenigstens eine erste Brennstoffdüse (8; 16) ausgelegt sind, dass in der ersten Mischzone (52) vermischter Brennstoff und Verbrennungsluft ein Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch mit einem Drall ergeben, der bewirkt, dass sich die Verbrennungszone stromabwärts des Brennerkopfs (2) ausbildet und dort stabilisiert.

**19.** Brennerkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die wenigstens eine erste Brennstoffdüse (8; 16) eine Brennstoffdüse (8) für flüssigen Brennstoff und/oder wenigstens eine Brennstoffdüse (16) für gasförmigen Brennstoff umfasst.

**20.** Brennerkopf nach einem der Ansprüche 2 bis 19, bei dem die zweiten Brennstoffdüsen (18) Brennstoffdüsen für gasförmigen Brennstoff umfassen.

**21.** Verfahren zur einstufigen Verbrennung von Brennstoff in einer von einem Brennerkopf (2) stromabwärts beabstandeten, in einem Brennraum vorgesehenen Verbrennungszone, mit folgenden Schritten:

- Zuführen von verdrallter Verbrennungsluft und unverbranntem Brennstoff in eine erste verbrennungsfreie Mischzone (52), die innerhalb des Brennerkopfs (2) vorgesehen ist, um ein zündfähiges Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zu erzeugen;
- Zuführen des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone (52) in die Verbrennungszone; und
- Verbrennen des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisches in der Verbrennungszone;

wobei vor dem Zuführen von verdrallter Verbrennungsluft in die verbrennungsfreie Mischzone (52)

- Verbrennungsluft verdrallt; und
- die verdrallte Verbrennungsluft getrennt von nicht in dem Schritt zum Verdrallen von Verbrennungskraft verdrallter Verbrennungsluft in Richtung auf die erste Mischzone (52) hin geführt wird.

**22.** Verfahren nach Anspruch 21, ferner die Schritte umfassend:

- Zuführen von weiterem unverbrannten Brennstoff ausgehend von einem Bereich stromabwärts der ersten Mischzone (52) in eine zweite Mischzone (56), die stromabwärts außerhalb des Brennerkopfs (2) vorgesehen ist, und Rückführen von im Brennraum vorhandenem Abgas in die zweite Mischzone (56), um in der zweiten Mischzone (56) ein Brennstoff-Abgas-Gemisch zu erzeugen;
- Zuführen des Brennstoff-Abgas-Gemisches der zweiten Mischzone (56) in die Verbrennungszone; und
- Verbrennen des Brennstoff-Abgas-Gemisches der zweiten Mischzone (56) zusammen mit dem Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone (52) in der Verbrennungszone.

**23.** Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, bei dem zusätzlich zu der verdrallten Verbrennungsluft und getrennt von dieser weitere Verbrennungsluft zugeführt wird.

**24.** Verfahren nach Anspruch 23, bei dem als weitere Verbrennungsluft nicht verdrallte Verbrennungsluft zugeführt wird.

**25.** Verfahren nach Anspruch 23, bei dem die weitere Verbrennungsluft nicht verdrallte Verbrennungsluft und verdrallte Verbrennungsluft umfasst.

**26.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, bei dem Brennstoff für die erste Mischzone (52) im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung (24) zugeführt wird.

**27.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, bei dem Brennstoff für die erste Mischzone (52) im Wesentlichen drucklos zugeführt wird

**28.** Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 27, bei dem Brennstoff für die zweite Mischzone (56) in Richtungen schräg zur Strömungsrichtung (24) zugeführt wird.

**29.** Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 28, bei dem das Brennstoff-Abgas-Gemisch der zweiten Mischzone (56) in eine Flammenwurzel an dem dem Brennerkopf (2) benachbarten Ende der Verbrennungszone zugeführt wird.

**30.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29, bei dem wenigstens das Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone (52) so verdrallt ist, dass sich die Verbrennungszone stromabwärts außerhalb des Brennerkopfs (2) ausbildet und dort stabilisiert.

**31.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, bei dem das Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der ersten Mischzone (52) eine Strömungsgeschwindigkeit hat, die im Wesentlichen der Flammengeschwindigkeit des Brennstoffs entspricht.

**32.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, bei dem die Entzündung der Gemische anfänglich mittels in einem stromabwärts gelegenen Teil des Brennerkopfs (2) angeordneten Zündeinrichtung (54) erfolgt.

**33.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 32, bei dem eine Entzündung der Gemische bei in der Verbrennungszone ablaufender Verbrennung durch Rückwirkung aus der Verbrennungszone, insbesondere Strahlung und Konvektion, erfolgt.

**34.** Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 33, bei dem flüssiger Brennstoff in die erste Mischzone (52) zugeführt wird.

**35.** Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 33, bei dem gasförmiger Brennstoff in die erste Mischzone (52) zugeführt wird und gasförmiger Brennstoff in die zweite Mischzone (56) zugeführt wird.

**36.** Dralleinrichtung für einen Brennerkopf (2) mit:

- einem ersten Bereich (44) mit Drallelementen (46) zum Verdrallen von Verbrennungsluft; und
- einen bei Verwendung stromabwärts des ersten Bereichs (44) angeordneten zweiten Bereich (48) zur abgeschirmten Führung von verdrallter Verbrennungsluft.

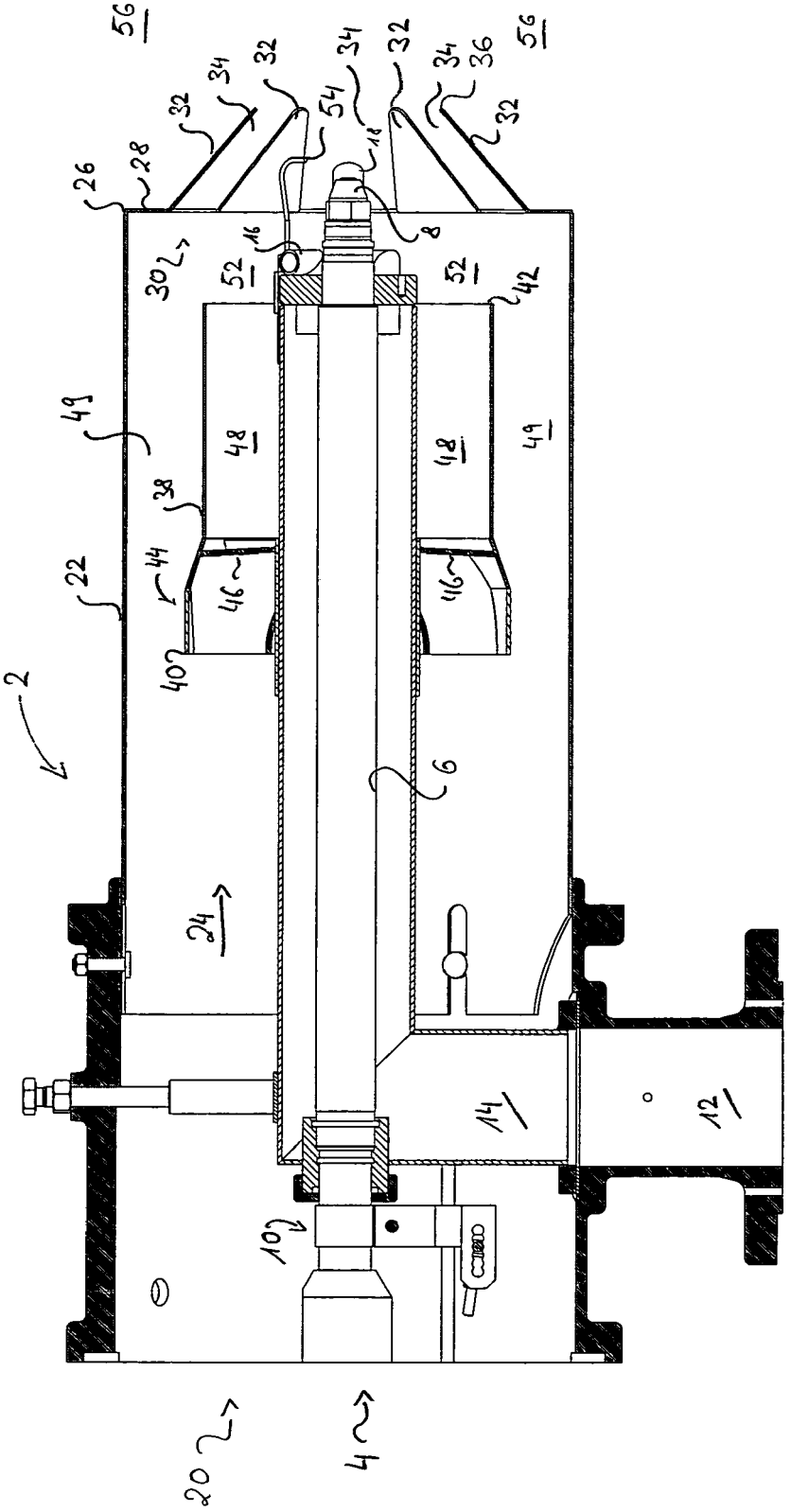

56
32
34
54
36
26
28
8
16
30
52
42
49
48
38
44
46
40
22
2
6
24
14
12
10
20
4

Fig. 1

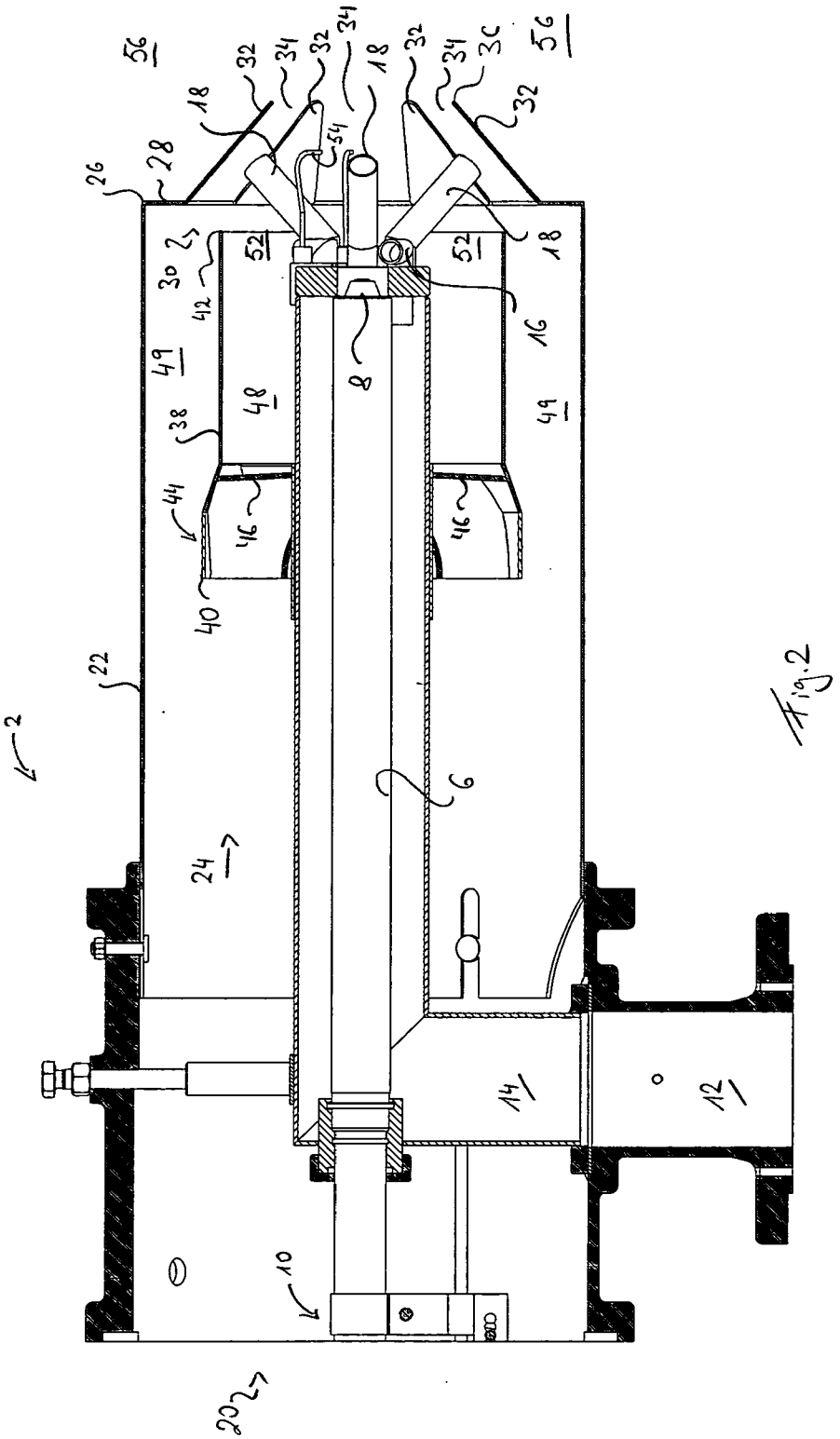

56
32
34
32
34
18
32
34
36
56
18
28
26
54
52
52
18
30
42
16
8
49
48
38
49
44
46
46
40
22
2
24
6
14
12
10
20

Fig.2

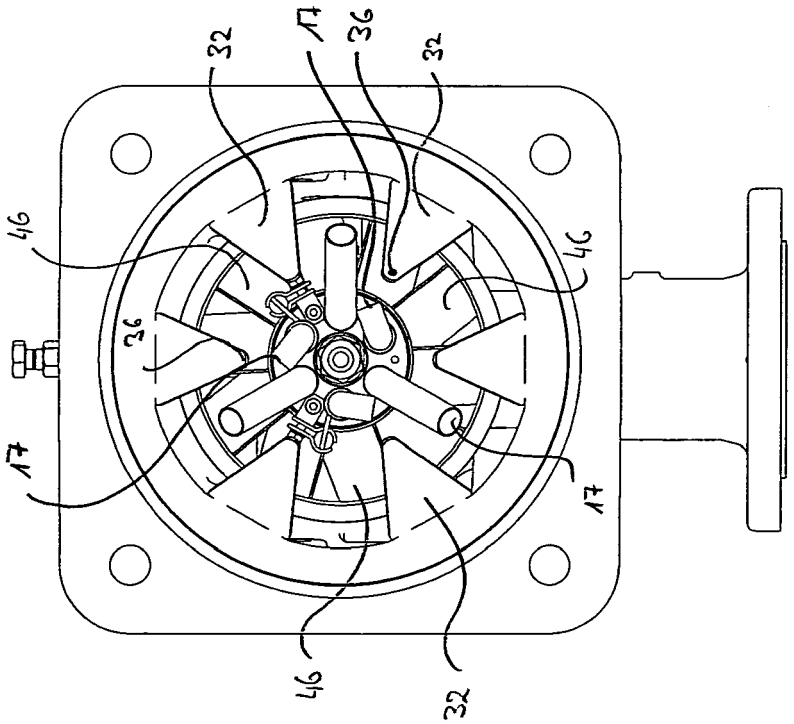



Fig. 3

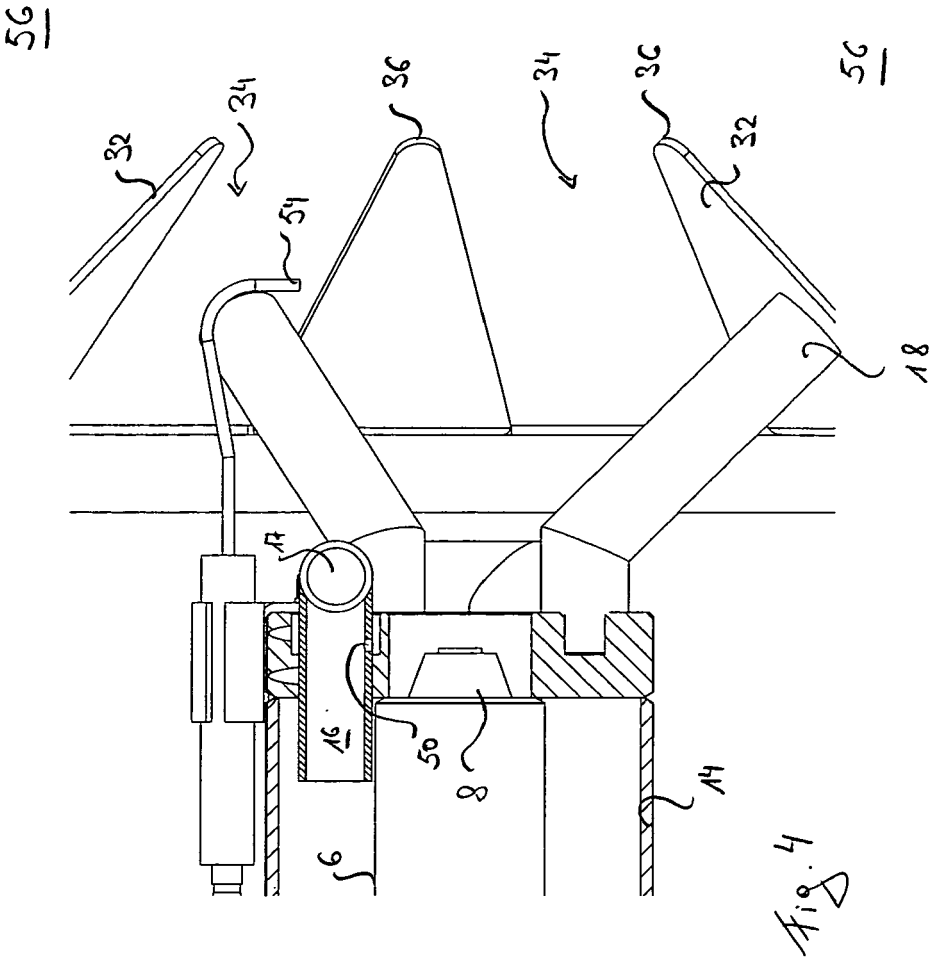



Fig. 4

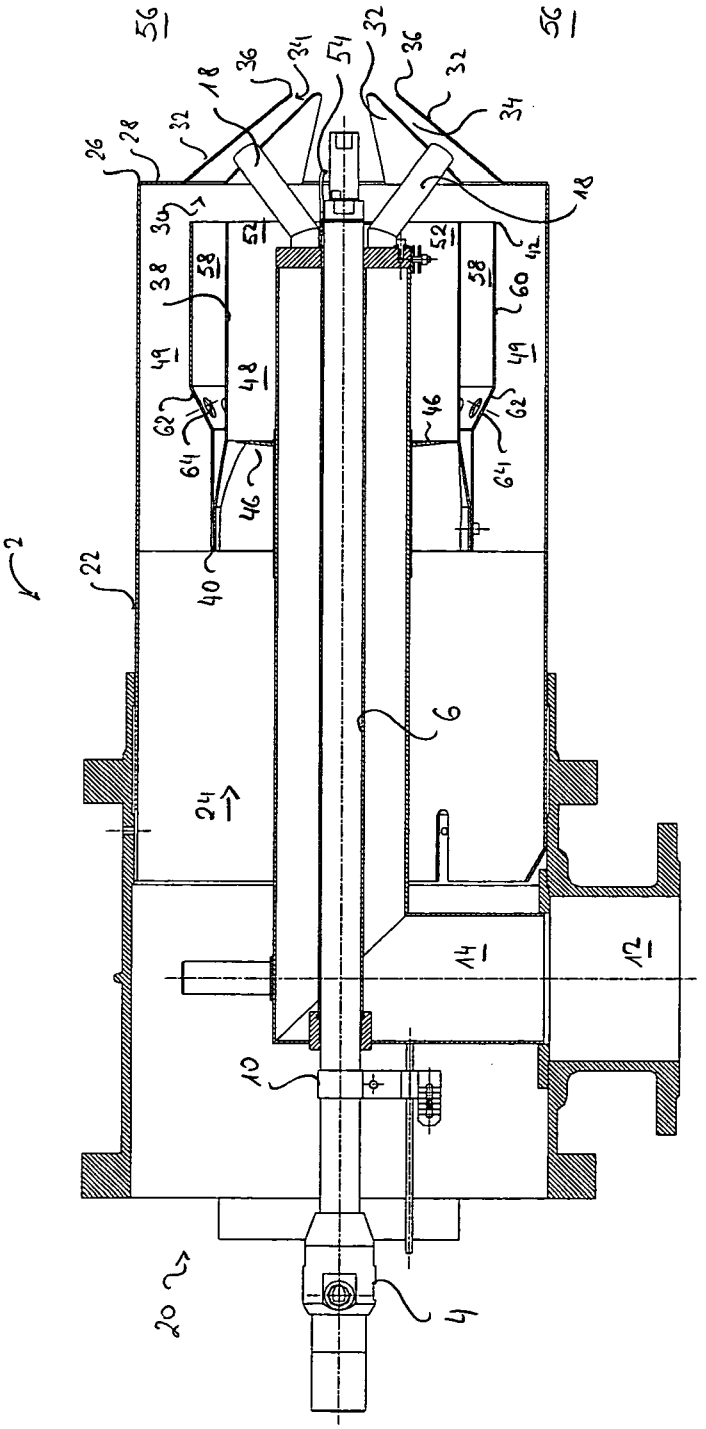

56
56
32
36
34
54
18
26
28
30
38
58
52
42
60
49
48
62
64
46
40
22
2
6
24
14
12
10
20
4

Fig. 5

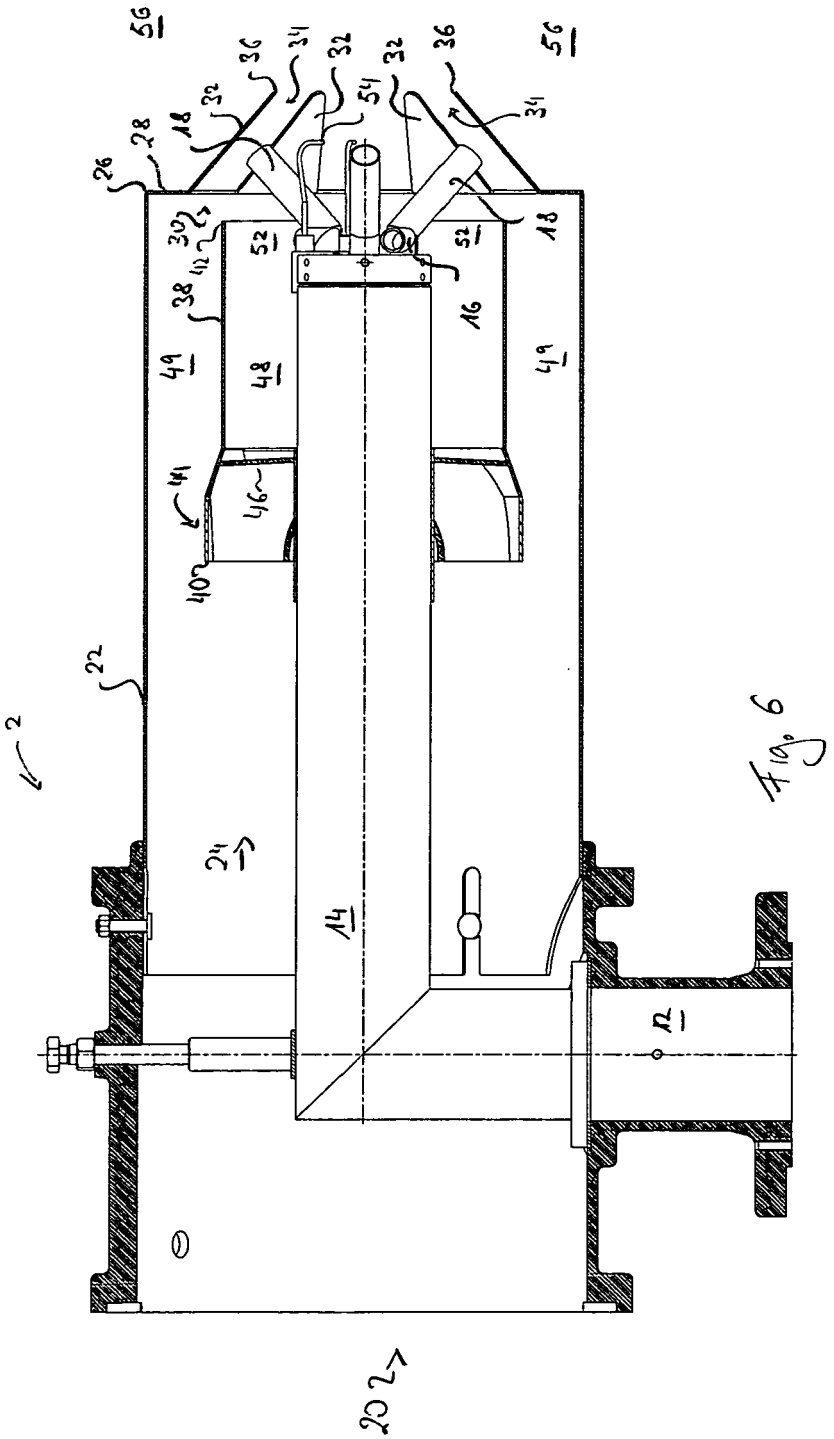

56
36
34
32
54
32
36
56
34
18
28
26
30
42
52
52
18
38
16
49
48
49
41
46
40
22
2
24
14
12
20

Fig. 6

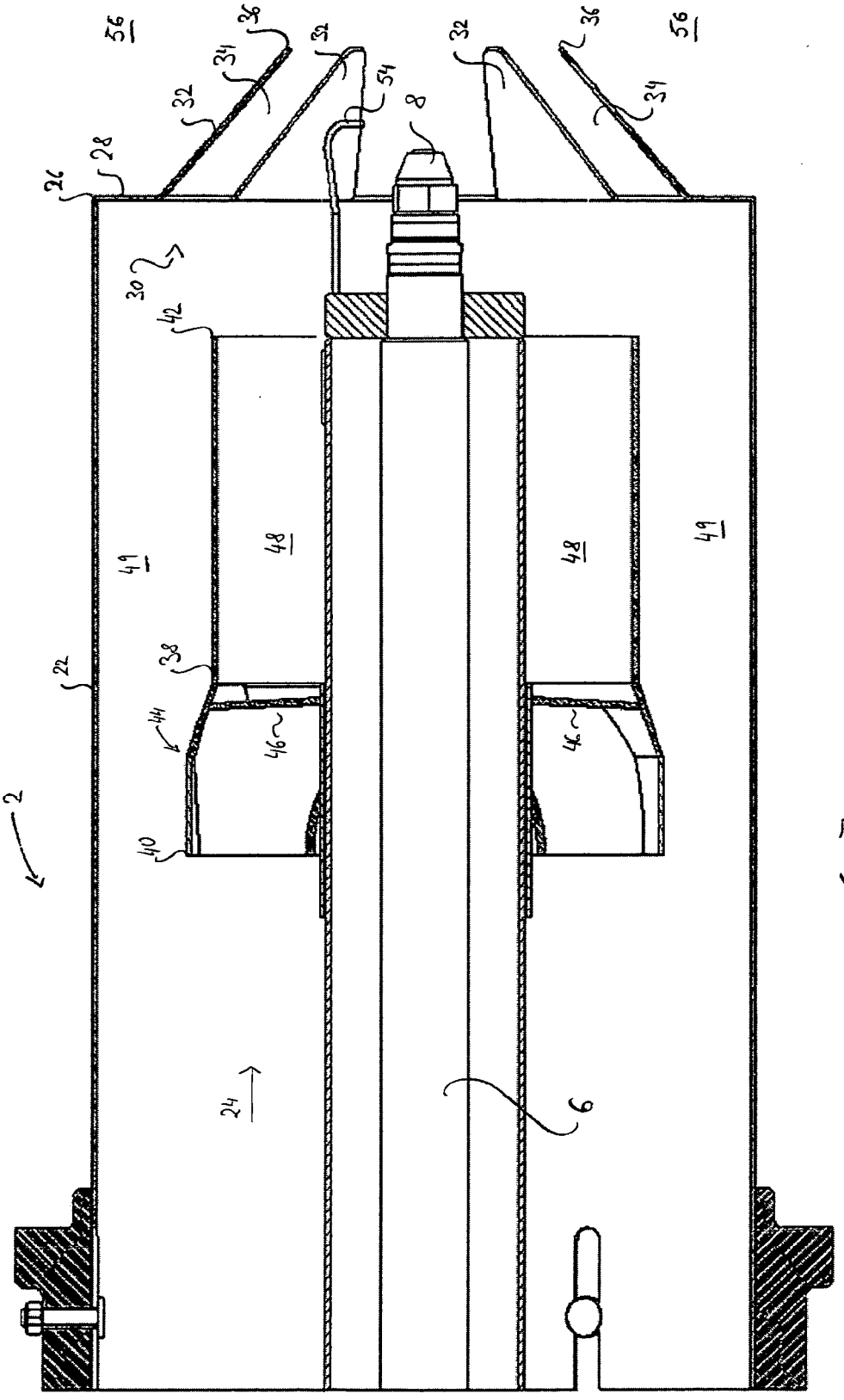

56
36
34
32
54
8
32
36
56
34
32
28
26
30
42
48
49
48
49
38
22
44
46
46
40
2
24
6

Fig. 7

Europäisches Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 8075

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
|---|---|---|---|
| X | DE 43 29 971 A1 (GRAAT JOHANNES W [NL]) 16. März 1995 (1995-03-16) | 1,13,16, 19,21, 23,24, 26,29,36 | INV. F23D11/40 F23D14/02 F23D17/00 |
| Y | * Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 30; Abbildung 2 * | 2,22 | F23C7/00 F23C9/00 |
| X | DE 42 29 525 A1 (INTERCAL WAERMETECHNIK GMBH [DE]) 10. März 1994 (1994-03-10) * Spalte 1, Zeile 54 - Spalte 2, Zeile 7 * * Spalte 5, Zeile 52 - Spalte 6, Zeile 44; Abbildung 1 * | 1,4,5, 12,16, 19,21, 23,24, 32,34,36 | |
| X | DE 15 01 893 A1 (RU BI WERK GMBH & CO KG) 25. September 1969 (1969-09-25) * das ganze Dokument * | 1,21,36 | |
| X | EP 1 705 424 A (RIELLO S P A [IT]) 27. September 2006 (2006-09-27) * das ganze Dokument * | 1,21,36 | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23D F23C |
| X | US 3 650 477 A (GULLIKSSON KARL IVAR AKE) 21. März 1972 (1972-03-21) * Abbildung * | 36 | |
| Y,D | DE 10 2005 038662 A1 (E C B GMBH [DE]) 1. März 2007 (2007-03-01) * das ganze Dokument * | 2,22 | |

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer |
|---|---|---|
| Den Haag | 28. Januar 2008 | Coli, Enrico |

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

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

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

## ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 07 01 8075

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.

28-01-2008

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| DE 4329971 A1 | 16-03-1995 | DE 4432395 A1 | 14-03-1996 |
| DE 4229525 A1 | 10-03-1994 | KEINE | |
| DE 1501893 A1 | 25-09-1969 | KEINE | |
| EP 1705424 A | 27-09-2006 | CN 1840963 A | 04-10-2006 |
| US 3650477 A | 21-03-1972 | AT 303946 B | 11-12-1972 |
| | | CH 529968 A | 31-10-1972 |
| | | DE 2049168 A1 | 24-06-1971 |
| | | DK 137403 B | 27-02-1978 |
| | | FR 2066686 A5 | 06-08-1971 |
| | | GB 1260100 A | 12-01-1972 |
| | | IE 35130 B1 | 26-11-1975 |
| | | NL 7015924 A | 06-05-1971 |
| | | NO 128238 B | 15-10-1973 |
| | | SE 336867 B | 19-07-1971 |
| DE 102005038662 A1 | 01-03-2007 | DE 202005021253 U1 | 26-07-2007 |
| | | EP 1754937 A2 | 21-02-2007 |
| | | US 2007042308 A1 | 22-02-2007 |

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 19509219 A1 **[0003]**
- EP 1245901 A1 **[0004]**
- DE 19704721 A1 **[0004] [0042]**
- DE 102005038662 A1 **[0004] [0042]**