

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dunkelstrahler, mit einem Brenner, einem Gebläse und einem Strahlrohr, wobei der Brenner mit einer Brenngaszuführung verbunden ist, wobei das Gebläse dazu eingerichtet ist, dem Brenner Verbrennungsluft zuzuführen, wobei der Brenner eingerichtet ist, eine Flamme in das Strahlrohr abzugeben.

[0002] Im gewerblichen und industriellen Bereich werden zur Beheizung von Produktions- und Lagerstätten häufig Dunkelstrahler eingesetzt. Dunkelstrahler weisen als Strahlungselemente ein oder mehrere Strahlungsrohre auf, welchen mindestens ein Brenner zugeordnet ist. Durch Verbrennung eines Gemisches aus Brenngas und Luft innerhalb des Brenners wird eine Flamme erzeugt, welche mithilfe eines Gebläses über die gesamte Länge des Strahlungsrohres verteilt werden kann. Als Brenngas dient Erdgas oder Flüssiggas, das in einer Mischkammer in einem vorgegebenen Verhältnis gemischt wird, wonach es in die Brennkammer über eine Düse eingeleitet und gezündet wird. Als Rückschlagsperre wird das Brennstoff-Luftgemisch durch ein Gitter oder ein Geflecht geführt, das zugleich die Aufgabe hat, die Flamme zu halten. Die Strahlrohre sind regelmäßig durchgängig im Nachgang an den Brenner linear oder U-förmig angeschlossen und sollen die durch die Flamme erzeugte Wärme gleichmäßig über den gesamten Rohrverlauf abstrahlen. Das Strahlungsrohr wird durch die Flamme gleichmäßig erhitzt und generiert eine Wärmestrahlung, die auf einen zu erwärmenden Bereich abgestrahlt wird. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades kommen hierbei häufig Reflektoren zum Einsatz. Die durch die Verbrennung entstehenden Abgase werden mithilfe des Gebläses aus dem Strahlungsrohr entfernt, beispielsweise über Abgasrohre an die Außenluft abgeführt.

[0003] Um die bei der Verbrennung des Brennstoffs entstehende Schadstoffe zu minimieren, ist es ein stetes Bestreben, ein optimales stöchiometrisches Verhältnis zwischen Brenngas und Luft zu erreichen, um eine möglichst vollständige Verbrennung zu erzielen, bei der die Schadstoffemission minimiert ist. Hierzu ist beispielsweise in der DE 10 2014 019 765 A1 vorgeschlagen, Gebläse und Gasventil mittels einer Regeleinrichtung zu steuern, um eine vollständige Verbrennung des Gemisches aus Brenngas und Luft sicherzustellen. In der EP 2 708 814 A1 wird weiter vorgeschlagen, den Brenner mit einem Mischer und mindestens einem Sekundärluftkanal auszustatten, wobei der Brenner dazu eingerichtet ist, das ein Teil der von dem Gebläse zugeführten Luft dem Mischer und ein anderer Teil der Luft einem Sekundärluftkanal zugeführt wird, um einen Teil der zugeführten Verbrennungsluft der Flamme ohne Brennstoff zuzuführen. In der DE 10 2014 019 766 A1 ist weiter vorgeschlagen, über einen Sensor das aktuelle Mischungsverhältnis und/oder die Art des Gases insbesondere in Bezug auf die Beimischung anderer Gasarten zu erfassen und dem Brenner Gas und/oder Luft in Abhängigkeit von

dem Vergleichsergebnis zwischen gemessenem und dem notwendigen Mischungsverhältnis zuzuführen, bis das notwendige Mischungsverhältnis hergestellt ist.

[0004] Die vorstehenden Lösungen haben sich in der Praxis bewährt, wodurch Dunkelstrahler heute einen verhältnismäßig geringen Schadstoffausstoß bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad aufweisen. Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Dunkelstrahler bereitzustellen, dessen Schadstoffausstoß bei zumindest gleichem Wirkungsgrad weiter vermindert ist. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0005] Mit der Erfindung ist ein Dunkelstrahler bereitgestellt, der einen im Vergleich zum Stand der Technik zumindest gleichbleibenden Wirkungsgrad aufweist und bei dem der Schadstoffausstoß vermindert ist. Dadurch, dass die Brenngaszuführung vorzugsweise ausschließlich mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist, sind in dem Abgas theoretisch keine kohlenstoffhaltigen Schadstoffe wie Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid oder Kohlenwasserstoffe enthalten, da Wasserstoff keinen Kohlenstoff enthält.

[0006] In Weiterbildung der Erfindung ist das Gebläse mit einem Ejektor verbunden, dessen Sauganschluss mit der Wasserstoffzuführung verbunden ist, wobei die durch das Gebläse angesaugte Verbrennungsluft als Treibmedium dient, sodass dem Brenner durch das Gebläse ein Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zugeführt wird. Hierdurch ist die Zuführung eines Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisches im definierten Mischungsverhältnis ermöglicht, wodurch eine Einstellung der Flammtemperatur erzielt ist. Durch die Einstellung einer hohen Luftzahl, also mit einem hohen Luftüberschuss kann eine Senkung der Flammtemperatur erzielt werden. Aufgrund der hohen Reaktionsfreudigkeit von Wasserstoff ist eine hohe Luftzahl von 2,5 bis 3 möglich. So kann die Flammtemperatur auf diese Weise unterhalb der Grenztemperaturen der Stickoxidbildung sowie auch der Materialien des Strahlrohrs gebracht werden.

[0007] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung umfasst der Brenner eine Gasdüse und ein Mischrohr, das von der Gasdüse mit Wasserstoff gespeist wird, wobei das Mischrohr durch das Gebläse mit Verbrennungsluft umspült wird, wobei die Gasdüse mit dem Mischrohr einen Ejektor ausbildet, wobei das Treibmedium des Ejektors durch die Gasdüse eingebrachter Wasserstoff und das in das Mischrohr angesaugte Medium in dem Strahlrohr befindliche Verbrennungsluft ist und wobei in Flammrichtung beabstandet zu dem Mischrohr eine Zündvorrichtung zur Zündung des Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisches nachgeschaltet ist. Hierdurch ist gleichsam die Zuführung eines Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisches in einem definierten Verhältnis ermöglicht. Dadurch, dass die Mischung des Wasserstoffs mit der Verbrennungsluft außerhalb des Gebläses erst in dem Mischrohr erfolgt, sind die Anforderung an den Gebläsewerkstoff vermindert, da hier nicht die Gefahr

eines Flammrückschlages in das Gebläse möglich ist. Bevorzugt ist in dem Mischrohr an seinem in Flammrichtung gerichteten Ende eine Rückschlagsperre angeordnet. Hierdurch ist ein Flammrückschlag in das Mischrohr verhindert.

[0008] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Brenner eine Gasdüse, wobei das Gebläse zur Umspülung der Gasdüse mit Verbrennungsluft eingerichtet ist und wobei keine Brenngas-Mischkammer zur Vormischung von Brenngas und Verbrennungsluft angeordnet ist und die Gasdüse ausschließlich mit Brenngas gespeist ist. Hierdurch ist ein einfacher und kostengünstiger Aufbau des Brenners erzielt. Überraschend hat sich gezeigt, dass aufgrund der hohen Reaktionsfreudigkeit von Wasserstoff eine vollständige Verbrennung des Wasserstoffs ohne Vormischung mit Verbrennungsluft erzielt wird. Dabei ergibt sich bis zur erforderlichen Vermischung des Wasserstoffs mit der das Gebläse umspülenden Verbrennungsluft ein großer Flammenabstand zur Gasdüse, wodurch keine thermische Beeinträchtigung der Gasdüse erfolgt. Zudem hat sich gezeigt, dass auch die Gefahr eines Flammrückschlages nicht gegeben ist, weshalb der im Stand der Technik erforderliche Flammhalter in Form einer gelochten Platte oder eines Drahtgeflechts nicht erforderlich ist.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung ist dem Brenner in Flammrichtung vorgeschaltet eine Verbrennungsluft-Mischkammer angeordnet, die mit einer Verbrennungsluftquelle und der Abgasabfuhrleitung verbunden ist. Durch die Zuführung von Abgasen zur Verbrennungsluft ist eine Sauerstoffminderung erzielt, wodurch eine Senkung der Flammtemperatur ermöglicht ist. Darüber hinaus ist durch die Rezirkulation des Abgases eine Minderung der Stickoxidemission bewirkt.

[0010] In Weiterbildung der Erfindung ist das Gebläse dem Brenner in Flammrichtung vorgeschaltet angeordnet und die Verbrennungsluft-Mischkammer ist innerhalb des Gebläses angeordnet. Hierdurch ist eine gute Vermischung von Verbrennungsluft und Abgas innerhalb des Gebläses erzielt.

[0011] In Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Verbindung zwischen der Abgasabfuhrleitung und der Verbrennungsluftmischkammer eine Abzweigeinrichtung, durch welche das Verhältnis des abgezweigten Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluftvolumenstrom bestimmt ist. Hierdurch ist eine Einstellung des Sauerstoffgehalts des Verbrennungsluft-Abgas-Gemischs ermöglicht. Bevorzugt umfasst die Abzweigeinrichtung eine Verstelleinrichtung, durch welche das Verhältnis des abgezweigten Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluftvolumenstrom einstellbar ist.

[0012] In Weiterbildung der Erfindung dient der Brenner als Primärbrenner, dem in Flammrichtung beabstandet in dem Strahlrohr ein Sekundärbrenner nachgeschaltet ist, dessen Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist, wobei dem Sekundärbrenner der Abgasstrom des vorgeschalteten Primärbrenners als Verbrennungsluft zugeführt wird. Hier-

durch ist eine Nachbehandlung des Abgases des Primärbrenners erzielt, wodurch eine Emission von Stickoxiden weitgehend minimiert ist. Es hat sich gezeigt, dass aufgrund der hohen Reaktionsfreudigkeit des Wasserstoffs der verbleibende Sauerstoffgehalt in dem Abgas des Primärbrenners ohne Weiteres für die Verbrennung des Wasserstoffs des Sekundärbrenners ausreichend ist. Zudem ist der Verbrennungsprozess in dem Sekundärbrenner durch die Temperatur des Abgasstroms des Primärbrenners begünstigt.

[0013] In Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen dem Primärbrenner und dem Sekundärbrenner ein Ausgleichselement in Form eines Kompensators zum Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohres zwischengeschaltet. Dieser Kompensator, der vorzugsweise als Axial-Kompensator ausgebildet ist, nimmt die Bewegung des Strahlrohres längs der Achse auf, wodurch Beschädigungen des Strahlrohres vermieden sind.

[0014] Andere Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend im Einzelnen beschreiben. Es zeigen:

- Figur 1 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers;
- Figur 2 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers in einer weiteren Ausführungsform;
- Figur 3 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers in einer dritten Ausführungsform;
- Figur 4 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers in einer vierten Ausführungsform mit Primär- und Sekundärbrenner und
- Figur 5 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers in einer weiteren Ausführungsform mit Primär- und Sekundärbrenner.

[0015] Der als Ausführungsbeispiel gewählte Dunkelstrahler gemäß Figur 1 umfasst einen Brenner 1, der mit einem Gebläse 2 verbunden ist und an den sich ein Strahlrohr 3 anschließt. Das Strahlrohr 3 ist in Figur 1 lediglich angedeutet; das Strahlrohr 3 kann sich durchaus über einige Meter Länge erstrecken und aus mehreren Strahlrohrelementen gebildet sein. Im Ausführungsbeispiel ist das Strahlrohr 3 als hochhitzebeständiges Edelstahlrohr ausgebildet. Alternativ können auch Sonderstähle mit einer thermisch aufgebrachten Aluminiumoxidschicht zum Einsatz kommen. Das Strahlrohr 3 ist im Ausführungsbeispiel von einem - nicht dargestellten - Reflektor eingefasst, der im Ausführungsbeispiel aus oberflächenstrukturiertem Aluminiumblech ausgebildet ist und der auf beiden Seiten Schottbleche zur Reduktion konvektiver Verluste aufweist.

[0016] Der Brenner 1 umfasst eine als Gasluftgemischdüse dienende Gasdüse 11, die im Ausführungsbeispiel mit einer Rückschlagsperre versehen ist und die mit dem Gebläse 2 verbunden ist. Beabstandet zu der

Gasdüse 11 ist in dem Brenner 1 eine Zündelektrode 12 angeordnet. Das Gebläse 2 ist an seiner Saugseite mit einem Ejektor 21 verbunden, dessen Treibanschluss mit einer Verbrennungsluftzuführung 22 und dessen Sauganschluss mit einer Wasserstoffzuführung 23 verbunden ist. Die durch das Gebläse 2 angesaugte Verbrennungsluft dient hier als Treibmedium, durch das eine Ansaugung des Wasserstoffs bewirkt ist. Druckseitig wird der Gasdüse 11 durch das Gebläse 2 hierdurch ein Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zugeführt, das nach Austritt durch die Gasdüse 11 durch die Zündelektrode 12 entzündet wird, wodurch eine sich durch das Strahlrohr 3 erstreckende Flamme erzeugt wird.

[0017] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ist ein Brenner 4 angeordnet, der wiederum mit einem Gebläse 2 verbunden ist und an den sich ein Strahlrohr 3 anschließt. Der Brenner 4 umfasst eine Wasserstoffdüse 41, die mit einer Wasserstoffzuführung 42 verbunden ist und die wiederum mit der Längsmittelachse des Strahlrohrs 3 ausgerichtet ist. Als Wasserstoffdüse ist hier eine Gasdüse bezeichnet, die ausschließlich mit Wasserstoff beaufschlagt ist. Die Wasserstoffdüse ragt in ein Mischrohr 43, das koaxial zum Strahlrohr 3 verläuft, wobei zwischen Mischrohr 43 und Wasserstoffdüse 41 ein radialer Saugspalt eines durch die Wasserstoffdüse 41 und das Mischrohr 43 gebildeten Ejektors gebildet ist. Das Mischrohr 43 ist über eine dieses einspannende, mit Spülöffnungen versehene Trennblende 45 in dem Brenner 4 gehalten. An seinem der Wasserstoffdüse 41 gegenüberliegenden Ende ist in dem Mischrohr 43 eine Rückschlagsperre 431 angeordnet. Weiterhin ist dem Mischrohr 43 ein Thermosensor 432 zur Detektierung eines möglichen Flammrückschlages angeordnet.

[0018] Das Gebläse 2 ist derart ausgerichtet, dass es die Wasserstoffdüse 41 und das Mischrohr 43 mit Verbrennungsluft 35 umspült. Durch den über die Wasserstoffdüse 41 in das Mischrohr 43 eingebrachten Wasserstoffstrom wird über den Saugspalt 44 Verbrennungsluft 25 eingesaugt, das sich mit dem Wasserstoff vermischt. Das aus dem Mischrohr 43 austretende Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch die beabstandet zu dem Mischrohr 43 angeordnete Zündelektrode 46 entzündet, wodurch eine Flamme gebildet ist, die sich über die Länge des Strahlrohrs 3 in dieses erstreckt. Ein Teil der von dem Gebläse 2 in den Brenner 1 eingeblasenen Verbrennungsluft 35 strömt durch die Spülöffnungen der Trennwände 45 und umspült die sich in das Strahlrohr 3 erstreckende Flamme, welche hierdurch gekühlt wird. Der durch die Wasserstoffdüse 41 und das Mischrohr 43 gebildete Ejektor ist derart ausgebildet, dass in dem Mischrohr dem Wasserstoff Verbrennungsluft mit einer Luftzahl 2,5 zugeführt wird, wodurch eine Flammtemperatur von etwa 900 °C erzielt wird.

[0019] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 umfasst der Dunkelstrahler einen Brenner 5, der mit einem Gebläse 2 verbunden ist und an den sich ein Strahlrohr 3 anschließt. Das Strahlrohr 3 weist einen U-förmigen Verlauf auf, an den sich ein Abzweigrohr 6 anschließt, das

über ein Saugrohr 24 mit dem Gebläse 2 verbunden ist. Der Brenner 5 umfasst wiederum eine Wasserstoffdüse 51, die mit einer Wasserstoffzuführung 52 verbunden ist. Die Wasserstoffdüse 51 ist in Richtung der Längsmittelachse des Strahlrohrs 3 ausgerichtet. Beabstandet zur Wasserstoffdüse 51 ist eine Zündelektrode 53 zur Entzündung des Wasserstoffs positioniert.

[0020] Das Ejektorrohr 6 umfasst ein Hauptrohrstück 61, über welches das Strahlrohr 3 mit dem Saugrohr 24 verbunden ist. Von dem Hauptrohrstück 61 zweigt ein Abgasabführungsrohr 62 ab sowie beabstandet zu diesem ein Verbrennungsluft-Zuführungsrohr 63. Zwischen dem Abgaszuführungsrohr 62 und dem Verbrennungsluft-Zuführungsrohr 63 ist in dem Hauptrohrstück 61 eine Rezirkulationsblende 64 angeordnet. Der durch das Gebläse 2 über das Saugrohr 24 angesaugte Verbrennungsluftstrom 631 dient als Treibmedium des Ejektorrohrs 6, über das durch die Rezirkulationsblende 64 ein Teil des Abgasstroms 621 angesaugt wird. Das so erzeugte Abgas-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch das Gebläse 2 in den Brenner 5 eingebracht, wo es die Wasserstoffdüse 51 umspült. Durch die Rezirkulationsblende 64 ist der Anteil des Abgasstroms in dem Verbrennungsluftstrom einstellbar, wodurch wiederum der Sauerstoffgehalt des die Wasserstoffdüse 51 umspülenden Abgas-Verbrennungsluftstrom-Gemischs bestimmt ist. Der Hauptabgasstrom wird über das Abgasabführungsrohr 62 abgeführt.

[0021] Der Brenner 5, das Strahlrohr 3, das Ejektorrohr 6 und das mit dem Saugrohr 24 verbundene Gebläse 2 sind jeweils über Flanschverbindungen miteinander verbunden.

[0022] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 sind in dem Strahlrohr 3 zwei Brenner angeordnet, ein Primärbrenner 7 und ein diesem in Flammrichtung nachgeschalteter Sekundärbrenner 8. Der Primärbrenner 7 und der Sekundärbrenner 8 entsprechen dem in dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel erläuterten Brenner 5. Diese umfassen wiederum eine Wasserstoffdüse 71, 81, die mit einer Wasserstoffzuführung 72, 82 verbunden ist, wobei beabstandet zu der Wasserstoffdüse 71, 81 eine Zündelektrode 73, 83 positioniert ist. Der Primärbrenner 7 ist mit einem Gebläse 2 verbunden, dessen Sauganschluss mit einer Verbrennungsluftzuführung 22 verbunden ist. An den Primärbrenner 7 schließt sich ein U-förmig ausgebildetes Strahlrohr 3 an, das über ein Ausgleichselement 31 mit dem Sekundärbrenner 8 verbunden ist. An den Sekundärbrenner 8 schließt sich wiederum ein weiteres Strahlrohr 3' an, das im Ausführungsbeispiel wiederum U-förmig ausgebildet ist.

[0023] Die Wasserstoffdüse 71 des Primärbrenners 7 wird von dem Gebläse 2 mit Verbrennungsluft umströmt. Das sich vor der Wasserstoffdüse 71 ausbildende Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch die Zündelektrode 73 entzündet, wodurch sich beabstandet vor der Wasserstoffdüse 71 eine erste Flamme ausbildet. Der Abgasstrom dieser ersten Flamme strömt durch das Ausgleichselement 32 und umspült die Wasserstoffdüse

81 des Sekundärbrenners 8. Das sich vor der Wasserstoffdüse 81 ausbildende Abgasstrom-Wasserstoffgemisch weist einen ausreichend hohen Sauerstoffgehalt aus, sodass es durch die Zündelektrode 83 entzündet werden kann, wodurch eine zweite Flamme gebildet ist, die sich entlang des zweiten Strahlrohrs 3' erstreckt. Der Abgasstrom dieser zweiten Flamme wird aus dem zweiten Strahlrohr 3' abgeleitet. Das in dem durch den Sekundärbrenner 8 einen hohen Temperaturgefälle ausgesetzten Abschnitt des Strahlrohr 3 positionierte Ausgleichselement 31 dient dem Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohres. Dieses ist im Ausführungsbeispiel als Axial-Kompensator ausgebildet, der die Bewegungen der Rohrleitung längs der Achse aufnimmt.

[0024] In diesem Ausführungsbeispiel wird dem Primärbrenner 7 über das Gebläse 2 Verbrennungsluft zugeführt, welche die Wasserstoffdüse 71 des Primärbrenners 7 umspült. In einer abgewandelten Ausführungsform kann das dem Primärbrenner 7 vorgeschaltete Gebläse 2 auch entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel mit einem Ejektor verbunden sein, wobei die angesaugte Verbrennungsluft als Treibmedium dient, über das Verbrennungsluft aus dem zweiten Strahlrohr 3' angesaugt wird. In einer weiteren abgewandelten Ausführungsform kann das zweite Strahlrohr 3' auch über ein Ejektorrohr mit der Saugleitung des Gebläses 2 verbunden sein, wie es im dritten Ausführungsbeispiel beschrieben ist. Auf diese Weise ist auch die Flammtemperatur der ersten Flamme des Primärbrenners 7 einstellbar. Zudem ist auf diesem Wege eine weitere Verminderung des Stickoxidgehaltes des abgeführten Abgases ermöglicht.

[0025] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 ist der Primärbrenner 7' entsprechend dem Brenner des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 2 ausgebildet, wobei die Wasserstoffdüse 71 wiederum in ein Mischrohr 74 ragt, sodass zwischen Wasserstoffdüse 71 und Mischrohr 74 ein Saugspalt 75 gebildet ist. An seinem der Wasserstoffdüse 71 gegenüberliegenden Ende ist in dem Mischrohr 74 wiederum eine Rückschlagsperre 741 angeordnet. Im Übrigen entspricht der Aufbau des Dunkelstrahlers dieses Ausführungsbeispiels dem Dunkelstrahler des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 4, wobei auch bei diesem Ausführungsbeispiel die dort angeführten Ausführungsformen zur Beimengung eines Teils des Abgasstroms des zweiten Strahlrohr 3' zu der von dem Gebläse 2 angesaugten Verbrennungsluft möglich sind.

Patentansprüche

1. Dunkelstrahler, mit einem Brenner (1, 5, 6, 7), einem Gebläse (2) und einem Strahlrohr (3), das mit einer Abgasabfuhrleitung verbunden ist, wobei der Brenner (1) mit einer Brenngaszuführung verbunden ist, wobei das Gebläse (2) dazu eingerichtet ist, dem Brenner (1) Verbrennungsluft zuzuführen, wobei der

Brenner (1) eingerichtet ist, eine Flamme in das Strahlrohr (3, 3') abzugeben, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist.

- 5
2. Dunkelstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) mit einem Ejektor (21) verbunden ist, dessen Sauganschluss mit der Wasserstoffzuführung (23) verbunden ist, wobei die durch das Gebläse (2) angesaugte Verbrennungsluft als Treibmedium dient, sodass dem Brenner (1) durch das Gebläse (2) ein Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zugeführt wird.
- 10
3. Dunkelstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (4) eine Gasdüse (41) und ein Mischrohr (43) umfasst, das von der Gasdüse (41) mit Wasserstoff gespeist wird, wobei das Mischrohr (43) durch das Gebläse (2) mit Verbrennungsluft umspült wird, wobei die Gasdüse (41) mit dem Mischrohr (43) einen Ejektor ausbildet, wobei das Treibmedium des Ejektors durch die Gasdüse eingebrachter Wasserstoff und das in das Mischrohr (43) angesaugte Medium in dem Strahlrohr (3, 3') befindliche Verbrennungsluft ist und wobei in Flammrichtung beabstandet zu dem Mischrohr (43) eine Zündvorrichtung zur Zündung des Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemischs nachgeschaltet ist.
- 15
4. Dunkelstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (7) eine Gasdüse umfasst, wobei das Gebläse (2) zur Umspülung der Gasdüse (71) mit Verbrennungsluft eingerichtet ist und wobei keine Brenngas-Mischkammer zur Vormischung von Brenngas und Verbrennungsluft angeordnet ist und die Gasdüse ausschließlich mit Brenngas gespeist ist.
- 20
5. Dunkelstrahler nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Brenner (1, 5, 6) im Flammrichtung vorgeschaltet eine Verbrennungsluft-Mischkammer angeordnet ist, die mit einer Verbrennungsluftquelle und der Abgasabfuhrleitung verbunden ist.
- 25
6. Dunkelstrahler nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) dem Brenner (1) in Flammrichtung vorgeschaltet angeordnet ist und die Verbrennungsluft-Mischkammer innerhalb des Gebläses (2) angeordnet ist.
- 30
7. Dunkelstrahler nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung zwischen der Abgasabfuhrleitung (62) und der Verbrennungsluft-Mischkammer eine Abzweigeinrichtung (64) umfasst, durch welche das Verhältnis des abgezweigten Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom bestimmt ist.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

8. Dunkelstrahler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abzweigeinrichtung (64) eine Verstelleinrichtung umfasst, durch welche das Verhältnis des Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom einstellbar ist. 5
9. Dunkelstrahler nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner als Primärbrenner (7) dient, dem in Flammrichtung beabstandet in dem Strahlrohr (3) ein Sekundärbrenner (8) nachgeschaltet ist, dessen Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist, wobei dem Sekundärbrenner (8) der Abgasstrom des vorgeschalteten Primärbrenners (7) als Verbrennungsluft zugeführt wird. 10
15
10. Dunkelstrahler nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Primärbrenner (7) und dem Sekundärbrenner (7) ein Ausgleichselement (31) zum Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohres (3) zwischengeschaltet ist. 20
25
30
35
40
45
50
55

Fig. 1

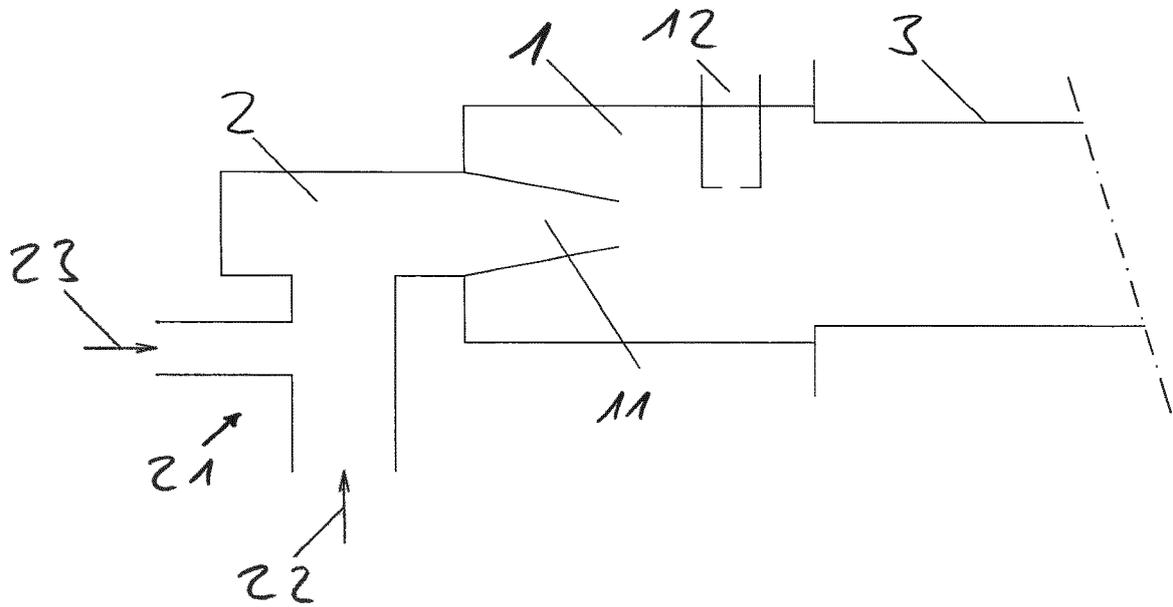


Fig. 2

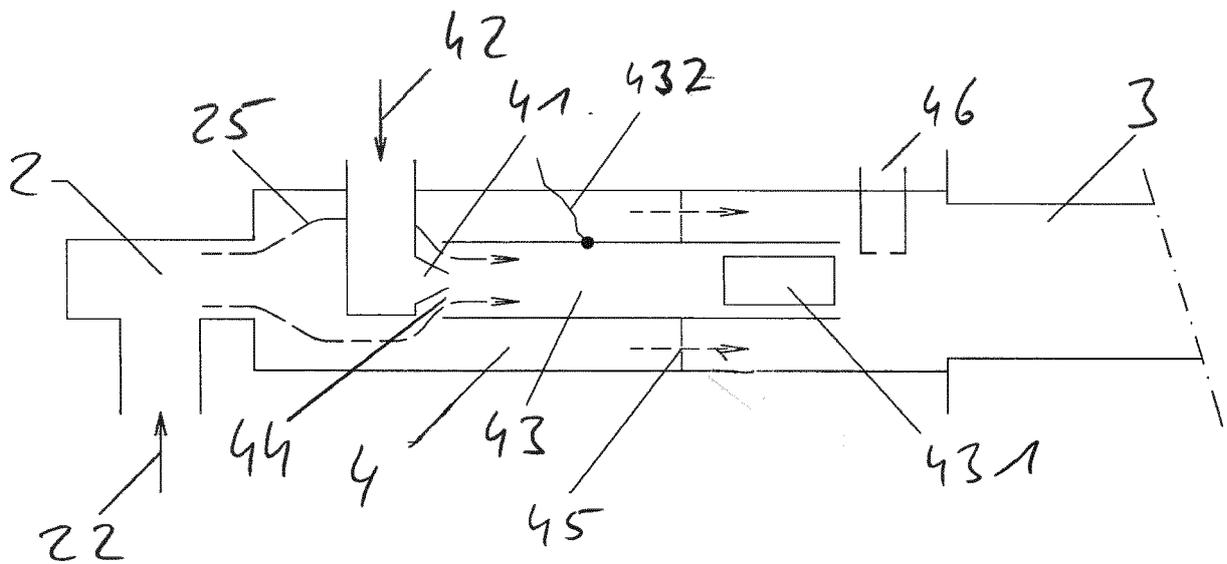


Fig. 3

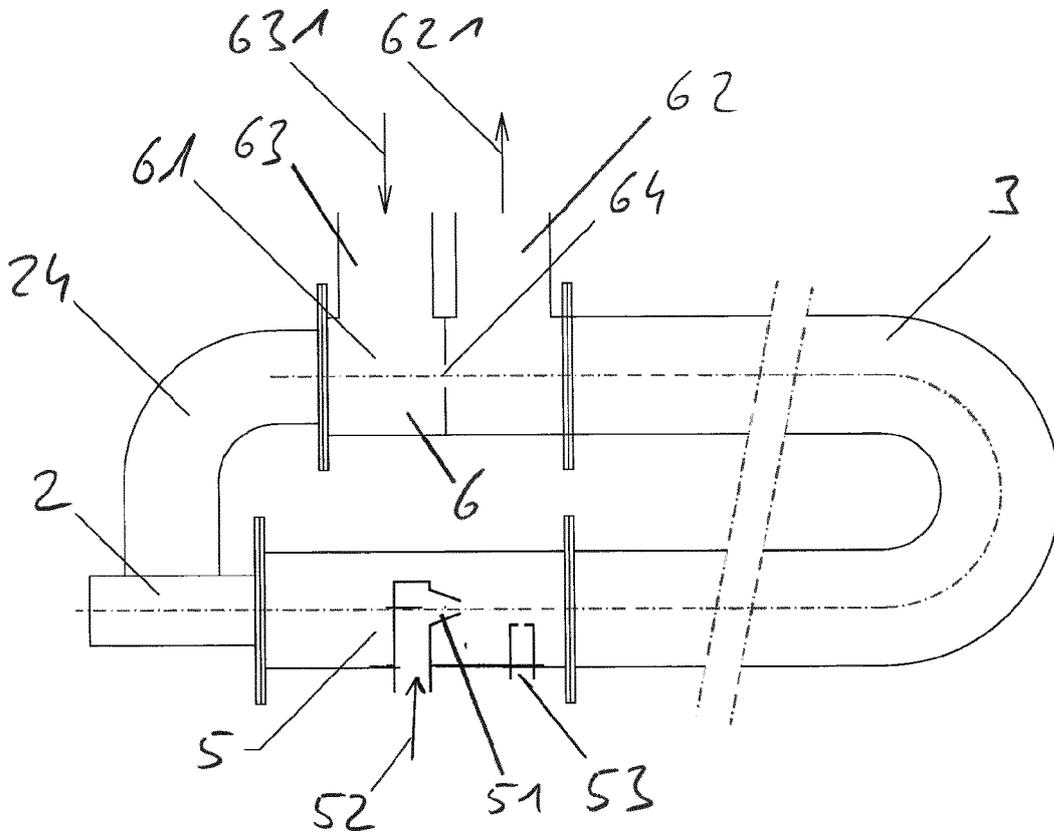


Fig. 4

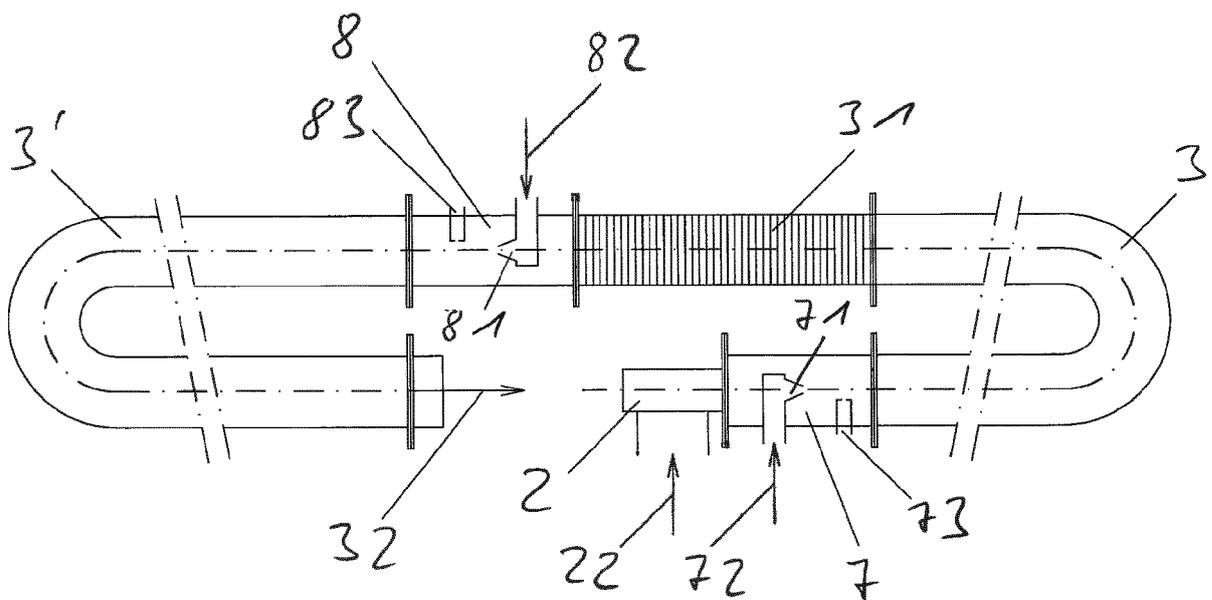
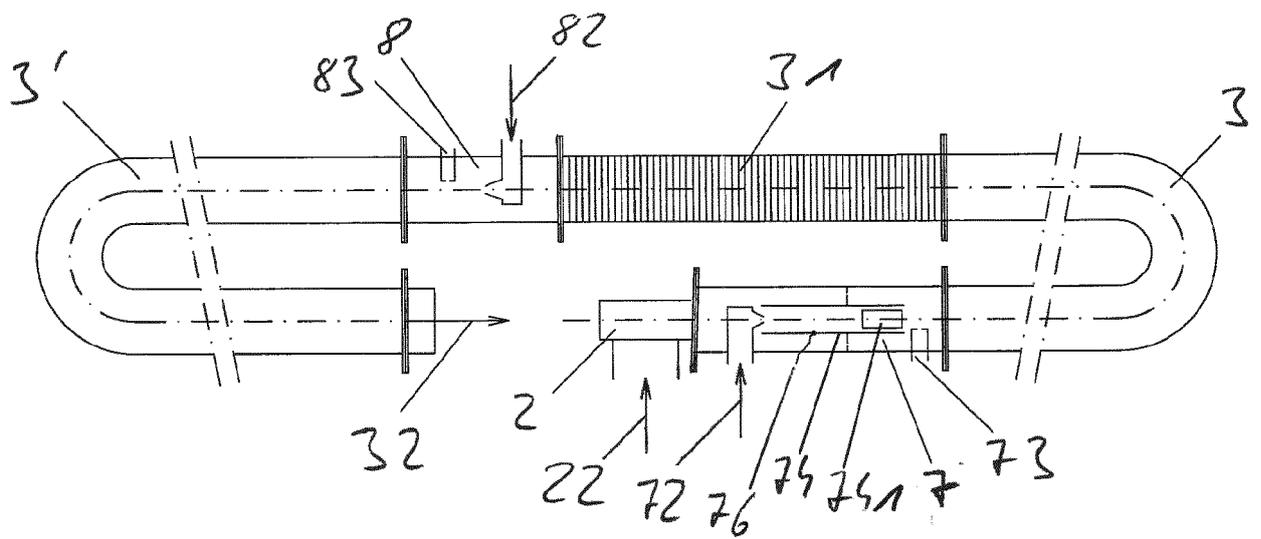


Fig. 5





Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 3778

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 64 671 B (HAUCK MFG CO) 3. September 1959 (1959-09-03)	1	INV. F23D14/12
A	* Absatz [0001] - Absatz [0041]; Abbildungen 1-6 *	2-10	F23C3/00 F23C9/08
A	DE 92 07 435 U1 (SCHULTE-HEIZTECHNIK GMBH) 13. August 1992 (1992-08-13) * Absatz [0001] - Absatz [0023]; Abbildungen 1-3 *	1,5-8	
A	US 5 271 729 A (GENSLER WAYNE C [US] ET AL) 21. Dezember 1993 (1993-12-21) * Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 7, Zeile 17; Abbildungen 1-3 *	2,3	
A	US 2012/183914 A1 (POE ROGER L [US] ET AL) 19. Juli 2012 (2012-07-19) * Absatz [0096]; Abbildung 1 *	2,3	
A	US 2018/038588 A1 (KARKOW DOUGLAS W [US] ET AL) 8. Februar 2018 (2018-02-08) * Absatz [0054] - Absatz [0114]; Abbildungen 1-4,19 *	1,4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23D F23C
A	US 2005/247300 A1 (COLLIER DAVID [US]) 10. November 2005 (2005-11-10) * Absatz [0018] - Absatz [0027]; Abbildungen 1-8 *	2,3,5	
A	US 2004/115575 A1 (KAYAHARA TOSHIHIRO [JP] ET AL) 17. Juni 2004 (2004-06-17) * Absatz [0045] - Absatz [0059]; Abbildung 1 *	5-8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Juni 2022	Prüfer Theis, Gilbert
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 21 21 3778

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.

14-06-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1064671	B	03-09-1959	KEINE
DE 9207435	U1	13-08-1992	KEINE
US 5271729	A	21-12-1993	CA 2107630 A1 08-04-1994 DE 4241883 A1 16-06-1994 EP 0592081 A1 13-04-1994 ES 2135449 T3 01-11-1999 US 5271729 A 21-12-1993
US 2012183914	A1	19-07-2012	AR 061463 A1 27-08-2008 AT 533996 T 15-12-2011 AU 2007202730 A1 10-01-2008 BR PI0705249 A 03-06-2008 CA 2591458 A1 14-12-2007 CA 2725714 A1 14-12-2007 CA 2725825 A1 14-12-2007 CA 2725869 A1 14-12-2007 CN 101135442 A 05-03-2008 CN 101852430 A 06-10-2010 EP 1867923 A2 19-12-2007 EP 2309182 A2 13-04-2011 EP 2309183 A2 13-04-2011 EP 2309184 A2 13-04-2011 ES 2377736 T3 30-03-2012 HK 1120100 A1 20-03-2009 JP 5004685 B2 22-08-2012 JP 5723826 B2 27-05-2015 JP 2008032381 A 14-02-2008 JP 2012181011 A 20-09-2012 KR 20070119566 A 20-12-2007 KR 20130041849 A 25-04-2013 KR 20130042516 A 26-04-2013 TW 200809142 A 16-02-2008 US 2007292811 A1 20-12-2007 US 2011117506 A1 19-05-2011 US 2012183914 A1 19-07-2012 US 2012189967 A1 26-07-2012 US 2012270161 A1 25-10-2012
US 2018038588	A1	08-02-2018	KEINE
US 2005247300	A1	10-11-2005	KEINE
US 2004115575	A1	17-06-2004	CA 2453084 A1 16-06-2004 CN 1508473 A 30-06-2004

EPO FORM P0461

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

55

Seite 1 von 2

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

EP 21 21 3778

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.

14-06-2022

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		JP 2004197970 A	15-07-2004
		KR 20040053793 A	24-06-2004
		TW 200419104 A	01-10-2004
		US 2004115575 A1	17-06-2004

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

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 102014019765 A1 [0003]
- EP 2708814 A1 [0003]
- DE 102014019766 A1 [0003]