



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.06.2023 Patentblatt 2023/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23C 3/00 (2006.01) **F23D 14/04** (2006.01)
F23D 14/12 (2006.01) **F24H 3/00** (2022.01)

(21) Anmeldenummer: **21213804.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23D 14/04; F23C 3/002; F23D 14/12; F24D 5/08;
F24H 3/006; F23C 2202/30; F23C 2202/50;
F23C 2900/9901

(22) Anmeldetag: **10.12.2021**

(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:
KH MA MD TN

- **GENZEL, Alexander**
53179 Bonn (DE)
- **STOHLER, Torsten**
40822 Mettmann (DE)
- **RENNER, Thomas**
50389 Wesseling (DE)

(71) Anmelder: **Schwank GmbH**
50735 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte Dörner & Kötter PartG**
mbB
Körnerstrasse 27
58095 Hagen (DE)

(72) Erfinder:
• **KREIS, Edgar**
63579 Freigericht (DE)

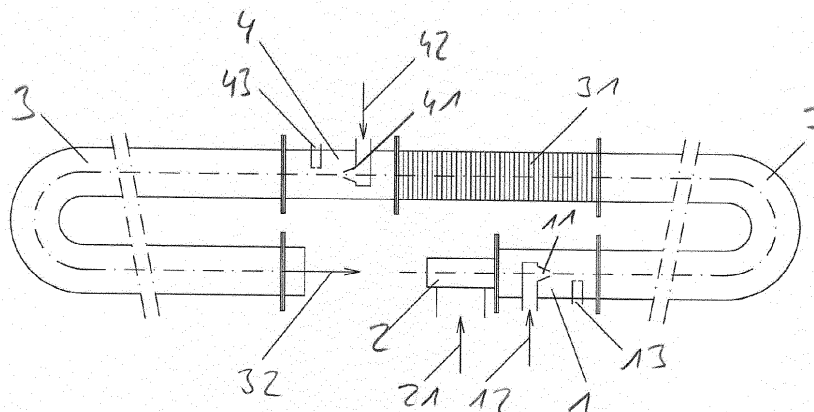
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **DUNKELSTRAHLER**

(57) Die Erfindung betrifft einen Dunkelstrahler, mit einem ersten Brenner, einem Gebläse (2) und einem Strahlrohr (3), wobei der erste Brenner mit einer Brenngaszuführung verbunden ist, wobei das Gebläse (2) dazu eingerichtet ist, dem ersten Brenner Verbrennungsluft zuzuführen, wobei der erste Brenner eingerichtet ist, eine Flamme in das Strahlrohr (3) abzugeben. Die Brenngaszuführung ist mit einer Wasserstoffquelle als Brenngas-

quelle verbunden und ist in Flammrichtung beabstandet zu dem als Primärbrenner (1) dienenden ersten Brenner in dem Strahlrohr (3) ein Sekundärbrenner (4) nachgeschaltet, dessen Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist, wobei dem Sekundärbrenner (4) der Abgasstrom des vorgeschalteten Primärbrenners (1) als Verbrennungsluft zugeführt wird.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dunkelstrahler, mit einem ersten Brenner, einem Gebläse und einem Strahlrohr, wobei der erste Brenner mit einer Brenngaszuführung verbunden ist, wobei das erste 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 stetiges 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, dass 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 mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist und dass in Flammrichtung beabstandet zu dem als Primärbrenner dienenden ersten Brenner 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, sind in dem Abgas theoretisch keine kohlenstoffhaltigen Schadstoffe wie Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid oder Kohlenwasserstoffe enthalten, da Wasserstoff keinen Kohlenstoff enthält. Durch den dem Primärbrenner nachgeschalteten Sekundärbrenner 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.

[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 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 Strahlrohrs längs der Achse auf, wodurch Beschädigungen des Strahlrohres vermieden sind.

[0008] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Primärbrenner und/oder der Sekundärbrenner 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 weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Primärbrenner eine Gasdüse, die ein in dem Strahlrohr angeordnetes Mischrohr mit Wasserstoff speist, 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-Gemischs nachgeschaltet ist. Hierdurch ist gleichsam die Zuführung eines Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemischs 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.

[0010] In Weiterbildung der Erfindung ist dem Primärbrenner im Flammrichtung vorgeschaltet eine Verbrennungsluft-Mischkammer angeordnet, die mit einer Luftquelle und einer mit dem Strahlrohr verbundenen Abgasabfuhrleitung verbunden ist. Durch die Zuführung von Abgasen zur Verbrennungsluft ist eine Sauerstoffminde-

rung erzielt, wodurch eine Senkung der Flammtemperatur ermöglicht ist. Darüber hinaus ist durch die Rezirkulation des Abgases eine Minderung der Stickoxidemission bewirkt.

[0011] In Ausgestaltung der Erfindung ist das Gebläse dem Primärbrenner im Flammrichtung vorgeschaltet angeordnet und die Verbrennungsluft-Mischkammer innerhalb des Gebläses angeordnet ist. Hierdurch ist eine gute Vermischung von Verbrennungsluft und Abgas innerhalb des Gebläses erzielt.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Verbindung zwischen der Abgasabfuhrleitung und der Verbrennungsluft-Mischkammer eine Abzweigeinrichtung, durch welche das Verhältnis des abgezweigten und zur Verbrennungsluft-Mischkammer geleiteten Abgasvolumenstroms zum gesamten Abgasvolumenstrom 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.

[0013] 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 zweiten Ausführungsform und
- Figur 3 die schematische Darstellung eines Dunkelstrahlers in einer dritten Ausführungsform.

[0014] Der als Ausführungsbeispiel gewählte Dunkelstrahler gemäß Figur 1 umfasst einen Primärbrenner 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 aufgetragenen 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.

[0015] Der Primärbrenner 1 umfasst eine als Gasluftgemischdüse dienende Gasdüse 11, die im Ausführungsbeispiel mit einer Rückschlagsperre versehen ist und die einer Wasserstoffzuführung 12 verbunden ist. Beabstandet zu der Gasdüse 11 ist in dem Primärbrenner 1 eine Zündelektrode 13 angeordnet. Das Gebläse

2 ist saugseitig mit einer Verbrennungsluftzuführung 21 verbunden und derart an den Primärbrenner 1 angestellt, dass es die Gasdüse 11 mit Verbrennungsluft umspült. Das durch die Gasdüse 11 austretende Wasserstoffgas wird nach Vermischung mit der durch das Gebläse 2 zugeführten Verbrennungsluft durch die Zündelektrode 13 entzündet, wodurch eine sich durch das Strahlrohr 3 erstreckende Flamme erzeugt wird.

[0016] Alternativ kann die Gasdüse auch mit dem Gebläse 2 verbunden sein, wobei das Gebläse 2 an seiner Saugseite mit einem Ejektor verbunden ist, dessen Treibanschluss mit einer Verbrennungsluftzuführung und dessen Sauganschluss mit einer Wasserstoffzuführung 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 in diesem Fall durch das Gebläse 2 hierdurch ein Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch zugeführt, das nach Austritt durch die Gasdüse 11 durch die Zündelektrode 12 entzündet wird.

[0017] An den Primärbrenner 1 schließt sich in Flammrichtung ein U-förmig ausgebildetes Strahlrohr 3 an, das über ein Ausgleichselement 31 mit einem Sekundärbrenner 4 verbunden ist. Das Ausgleichselement ist im Ausführungsbeispiel als Axial-Kompensator ausgebildet, der die Bewegungen der Rohrleitung längs der Achse aufnimmt. An den Sekundärbrenner 4 schließt sich wiederum ein zweites Teil des Strahlrohrs 3 an, das im Ausführungsbeispiel wiederum U-förmig ausgebildet ist.

[0018] Der Sekundärbrenner umfasst wiederum eine mit einer Wasserstoffzuführung 42 verbundene Gasdüse 41, wobei beabstandet zu der Gasdüse 41 eine Zündelektrode 43 positioniert ist.

[0019] Die Gasdüse 11 des Primärbrenners 1 wird von dem Gebläse 2 mit Verbrennungsluft umströmt. Das sich vor der Gasdüse 11 ausbildende Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch die Zündelektrode 13 entzündet, wodurch sich beabstandet vor der Wasserstoffdüse 11 eine erste Flamme ausbildet. Der Abgasstrom dieser ersten Flamme strömt durch das Ausgleichselement 31 und umspült die Gasdüse 41 des Sekundärbrenners 4. Das sich vor der Gasdüse 41 ausbildende Abgasstrom-Wasserstoffgemisch weist einen ausreichend hohen Sauerstoffgehalt aus, sodass es durch die Zündelektrode 43 entzündet werden kann, wodurch eine zweite Flamme gebildet ist, die sich entlang des zweiten Teils des Strahlrohrs 3 erstreckt. Der Abgasstrom 32 dieser zweiten Flamme wird aus dem zweiten Teil des Strahlrohrs 3 abgeleitet. Das in dem durch den Sekundärbrenner 4 einen hohen Temperaturgefälle ausgesetzten Abschnitt des Strahlrohr 3 positionierte Ausgleichselement 31 dient dem Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohres.

[0020] In diesem Ausführungsbeispiel wird dem Primärbrenner 1 über das Gebläse 2 Verbrennungsluft zugeführt, welche die Gasdüse 11 des Primärbrenners 1 umspült. In einer abgewandelten Ausführungsform kann das dem Primärbrenner 1 vorgeschaltete Gebläse 2 auch

mit einem Ejektor verbunden sein, wobei die angesaugte Verbrennungsluft als Treibmedium dient, über das ein Abgasstrom aus dem zweiten Teil des Strahlrohrs 3 angesaugt wird. Auf diese Weise ist die Flammtemperatur der ersten Flamme des Primärbrenners 1 einstellbar. Zudem ist auf diesem Wege eine weitere Verminderung des Stickoxidgehaltes des abgeführten Abgases ermöglicht.

[0021] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ist in dem Primärbrenner 1' ein Mischrohr 14 angeordnet, das koaxial zum Strahlrohr 3 verläuft und in den die Gasdüse 11 hineinragt, wobei zwischen Mischrohr 14 und Gasdüse 11 ein radialer Saugspalt 15 eines durch die Gasdüse 11 und das Mischrohr 14 gebildeten Ejektors gebildet ist. Das Mischrohr 14 ist über eine dieses einspannende, mit Spülöffnungen versehene Trennblende 16 in dem Primärbrenner 1' gehalten. An seinem der Gasdüse 11 gegenüberliegenden Ende ist in dem Mischrohr 14 eine Rückschlagsperre 141 angeordnet. Im Übrigen entspricht der Aufbau des Dunkelstrahlers dieses Ausführungsbeispiels dem Dunkelstrahler des zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiels gemäß Figur 1, wobei auch bei diesem Ausführungsbeispiel die dort angeführten Ausführungsformen zur Beimengung eines Teils des Abgasstroms des zweiten Teils des Strahlrohrs 3 zu der von dem Gebläse 2 angesaugten Verbrennungsluft möglich sind.

[0022] Das Gebläse 2 ist derart ausgerichtet, dass es die Gasdüse 11 und das Mischrohr 14 mit Verbrennungsluft umspült. Durch den über die Gasdüse 11 in das Mischrohr 14 eingebrachten Wasserstoffstrom wird über den Saugspalt 15 Verbrennungsluft eingesaugt, das sich mit dem Wasserstoff vermischt. Das aus dem Mischrohr 14 austretende Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch die beabstandet zu dem Mischrohr 14 angeordnete Zündelektrode 13 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 Primärbrenner 1 eingeblasenen Verbrennungsluft 5 strömt durch die Spülöffnungen der Trennblende 16 und umspült die sich in das Strahlrohr 3 erstreckende Flamme, welche hierdurch gekühlt wird. Der durch die Gasdüse 11 und das Mischrohr 14 gebildete Ejektor ist derart ausgebildet, dass in dem Mischrohr 14 dem Wasserstoff Verbrennungsluft mit einer Luftzahl 2,5 zugeführt wird, wodurch eine Flammtemperatur von etwa 900 °C erzielt wird.

[0023] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 ist dem Sekundärbrenner in Flammrichtung nachgeschaltet an den zweiten Teil des Strahlrohrs 3 ein Ejektorrohr 5 angeschlossen, das über ein Saugrohr 22 mit dem Gebläse 2 verbunden ist.

[0024] Das Ejektorrohr 5 umfasst ein Hauptrohrstück 51, über welches das Strahlrohr 3 mit dem Saugrohr 22 verbunden ist. Von dem Hauptrohrstück 51 zweigt ein Abgasabfuhrrohr 52 ab sowie beabstandet zu diesem ein Verbrennungsluft-Zuführungsrohr 53. Zwischen dem Abgaszuführungsrohr 52 und dem Verbrennungs-

luft-Zuführungsrohr 53 ist in dem Hauptrohrstück 51 eine Rezirkulationsblende 54 angeordnet. Der durch das Gebläse 2 über das Saugrohr 22 angesaugte Verbrennungsluftstrom 531 dient als Treibmedium des Ejektorrohrs 5, über das durch die Rezirkulationsblende 54 ein Teil des Abgasstroms 521 angesaugt wird. Das so erzeugte Abgas-Verbrennungsluft-Gemisch wird durch das Gebläse 2 in den Primärbrenner 1 eingebracht, wo es die Gasdüse 11 umspült. Durch die Rezirkulationsblende 54 ist der Anteil des Abgasstroms in dem Verbrennungsluftstrom einstellbar, wodurch wiederum der Sauerstoffgehalt des die Wasserstoffdüse 11 umspülenden Abgas-Verbrennungsluftstrom-Gemischs bestimmt ist. Der Hauptabgasstrom wird über das Abgas-Abführungsrohr 52 abgeführt.

[0025] Der Primärbrenner 1, die Teile des Strahlrohrs 3, der Sekundärbrenner 4, das Ejektorrohr 5 und das mit dem Saugrohr 22 verbundene Gebläse 2 sind jeweils über Flanschverbindungen miteinander verbunden.

Patentansprüche

1. Dunkelstrahler, mit einem ersten Brenner, einem Gebläse (2) und einem Strahlrohr (3), wobei der erste Brenner mit einer Brenngaszuführung verbunden ist, wobei das Gebläse (2) dazu eingerichtet ist, dem ersten Brenner Verbrennungsluft zuzuführen, wobei der erste Brenner eingerichtet ist, eine Flamme in das Strahlrohr (3) abzugeben, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist und dass in Flammrichtung beabstandet zu dem als Primärbrenner (1) dienenden ersten Brenner in dem Strahlrohr (3) ein Sekundärbrenner (4) nachgeschaltet ist, dessen Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist, wobei dem Sekundärbrenner (4) der Abgasstrom des vorgeschalteten Primärbrenners (1) als Verbrennungsluft zugeführt wird.
2. Dunkelstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) mit einem Ejektor verbunden ist, dessen Sauganschluss mit der Wasserstoffzuführung 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.
3. Dunkelstrahler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Primärbrenner (1) und dem Sekundärbrenner (4) ein Ausgleichselement (31) zum Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohrs (3) zwischengeschaltet ist.
4. Dunkelstrahler nach einem der vorgenannten An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärbrenner (1) eine Gasdüse umfasst, wobei das Gebläse (2) zur Umspülung der Gasdüse (11) 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.

5. Dunkelstrahler nacheinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärbrenner (1) eine Gasdüse (11) und ein Mischrohr (14) umfasst, das von der Gasdüse (11) mit Wasserstoff gespeist wird, wobei das Mischrohr (14) durch das Gebläse (2) mit Verbrennungsluft umspült wird, wobei die Gasdüse (11) mit dem Mischrohr (14) einen Ejektor ausbildet, wobei das Treibmedium des Ejektors durch die Gasdüse (11) eingebrachter Wasserstoff und das in das Mischrohr (14) angesaugte Medium in dem Strahlrohr (3) befindliche Verbrennungsluft ist und wobei in Flammrichtung beabstandet zu dem Mischrohr (14) eine Zündvorrichtung (13) zur Zündung des Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemischs nachgeschaltet ist.
6. Dunkelstrahler nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Primärbrenner (1) im Flammrichtung vorgeschaltet eine Verbrennungsluft-Mischkammer angeordnet ist, die mit einer Verbrennungsluftquelle und der Abgasabführleitung verbunden ist.
7. Dunkelstrahler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) dem Brenner (1) in Flammrichtung vorgeschaltet angeordnet ist und die Verbrennungsluft-Mischkammer innerhalb des Gebläses (2) angeordnet ist.
8. Dunkelstrahler nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung zwischen der Abgasabführleitung und der Verbrennungsluft-Mischkammer eine Abzweiginrichtung (5) umfasst, durch welche das Verhältnis des abgezweigten Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom bestimmt ist.
9. Dunkelstrahler nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abzweiginrichtung (5) eine Verstelleinrichtung umfasst, durch welche das Verhältnis des Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom einstellbar ist.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Dunkelstrahler, mit einem ersten Brenner, einer Brenngaszuführung, einer Brenngasquelle, einem

- Gebläse (2) und einem Strahlrohr (3), wobei der erste Brenner mit der Brenngaszuführung verbunden ist, wobei die Brenngaszuführung mit der Brenngasquelle verbunden ist, wobei das Gebläse (2) dazu eingerichtet ist, dem ersten Brenner Verbrennungsluft zuzuführen, wobei der erste Brenner eingerichtet ist, eine Flamme in das Strahlrohr (3) abzugeben, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brenngasquelle eine Wasserstoffquelle ist und dass in Flammrichtung beabstandet zu dem als Primärbrenner (1) dienenden ersten Brenner in dem Strahlrohr (3) ein Sekundärbrenner (4) nachgeschaltet ist, dessen Brenngaszuführung mit einer Wasserstoffquelle als Brenngasquelle verbunden ist, wobei dem Sekundärbrenner (4) der Abgasstrom des vorgeschalteten Primärbrenners (1) als Verbrennungsluft zugeführt wird.
2. Dunkelstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) mit einem Ejektor verbunden ist, dessen Sauganschluss mit der Wasserstoffzuführung 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.
3. Dunkelstrahler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Primärbrenner (1) und dem Sekundärbrenner (4) ein Ausgleichselement (31) zum Ausgleich von thermisch bedingten Längenveränderungen innerhalb des Strahlrohrs (3) zwischengeschaltet ist.
4. Dunkelstrahler nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärbrenner (1) eine Gasdüse umfasst, wobei das Gebläse (2) zur Umspülung der Gasdüse (11) 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.
5. Dunkelstrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärbrenner (1) eine Gasdüse (11) und ein Mischrohr (14) umfasst, das von der Gasdüse (11) mit Wasserstoff gespeist wird, wobei das Mischrohr (14) durch das Gebläse (2) mit Verbrennungsluft umspült wird, wobei die Gasdüse (11) mit dem Mischrohr (14) einen Ejektor ausbildet, wobei das Treibmedium des Ejektors durch die Gasdüse (11) eingebrachter Wasserstoff und das in das Mischrohr (14) angesaugte Medium in dem Strahlrohr (3) befindliche Verbrennungsluft ist und wobei in Flammrichtung beabstandet zu dem Mischrohr (14) eine Zündvorrichtung (13) zur Zündung des Wasserstoff-Verbrennungsluft-Gemischs nachgeschaltet ist.
6. Dunkelstrahler nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Primärbrenner (1) in Flammrichtung vorgeschaltet eine Verbrennungsluft-Mischkammer angeordnet ist, die mit einer Verbrennungsluftquelle und der Abgasabführleitung verbunden ist.
7. Dunkelstrahler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (2) dem Brenner (1) in Flammrichtung vorgeschaltet angeordnet ist und die Verbrennungsluft-Mischkammer innerhalb des Gebläses (2) angeordnet ist.
8. Dunkelstrahler nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung zwischen der Abgasabführleitung und der Verbrennungsluft-Mischkammer eine Abzweiginrichtung (5) umfasst, durch welche das Verhältnis des abgezweigten Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom bestimmt ist.
9. Dunkelstrahler nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abzweiginrichtung (5) eine Verstelleinrichtung umfasst, durch welche das Verhältnis des Abgasvolumenstroms zum Verbrennungsluft-Volumenstrom einstellbar ist.

Fig. 1

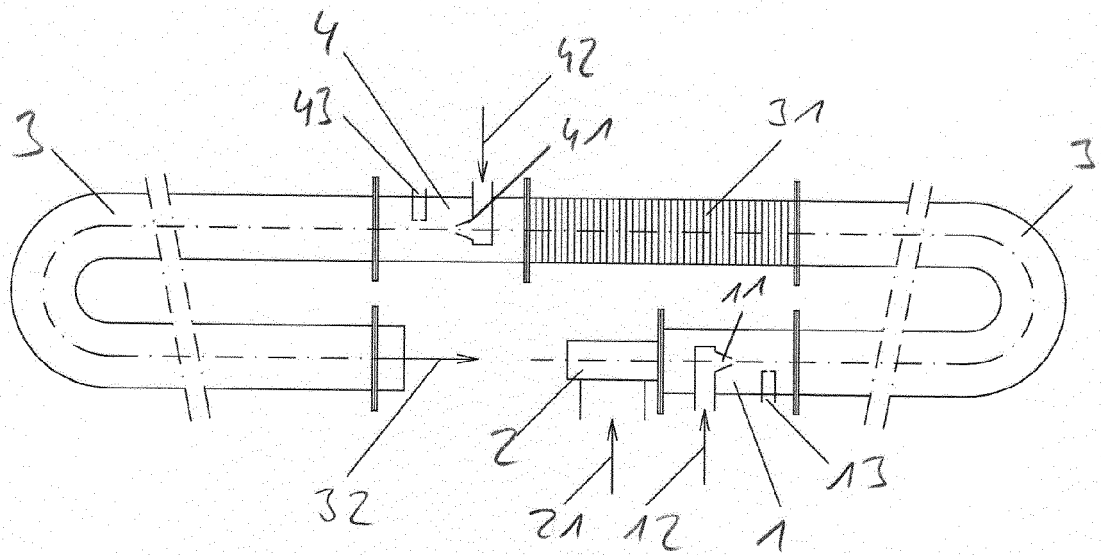


Fig. 2

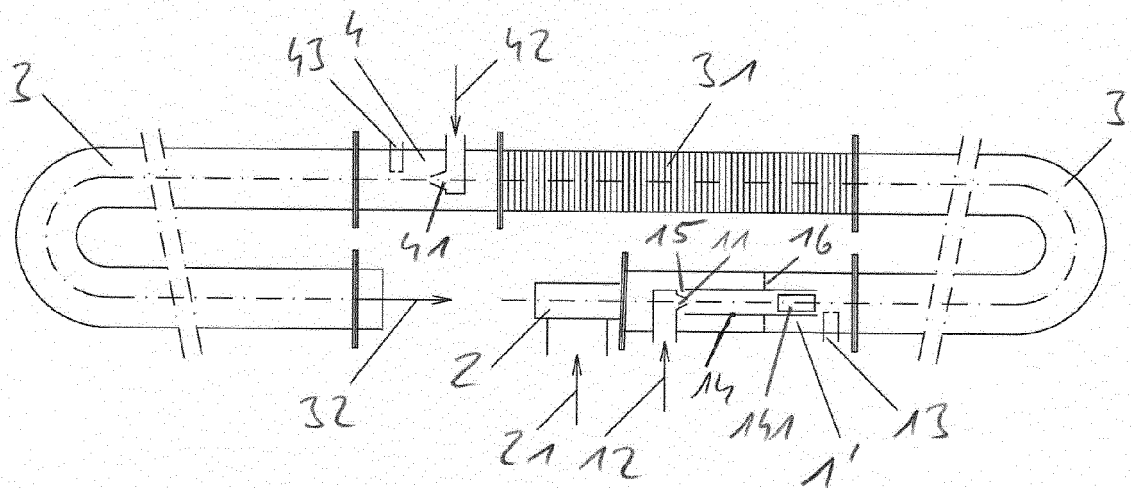
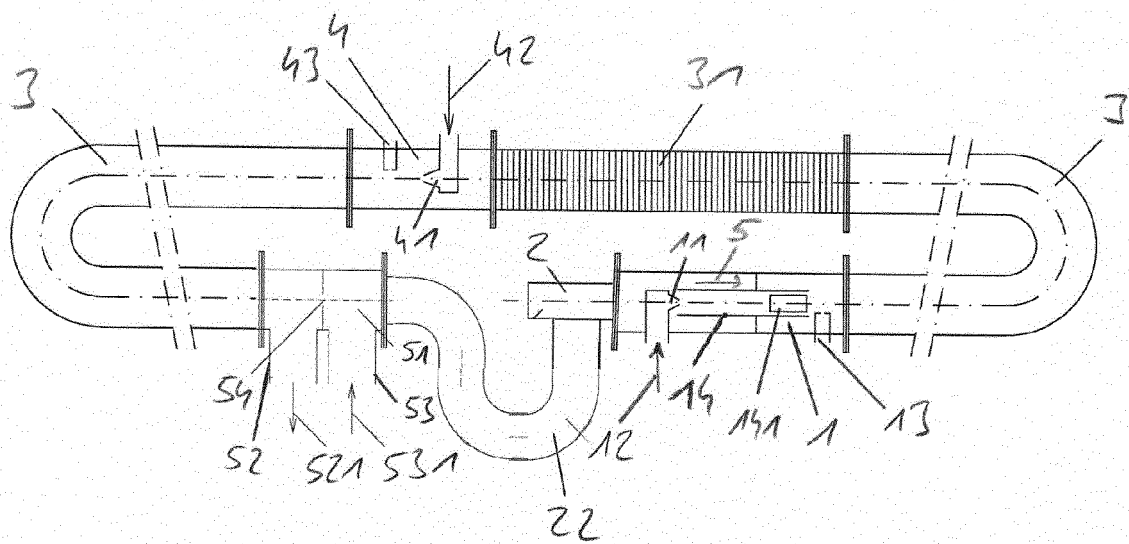


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 3804

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2014/011140 A1 (SCHWANK BERND H [DE] ET AL) 9. Januar 2014 (2014-01-09) * Seite 1, Absatz 3-6 * * Seite 4, Absatz 44 - Seite 5, Absatz 61 * * * Abbildung 4 *	1-9	INV. F23C3/00 F23D14/04 F23D14/12 F24H3/00
A	JP S53 84228 A (NIPPON STEEL CORP) 25. Juli 1978 (1978-07-25) * Abbildung 1 mit zugehöriger Beschreibung *	1-9	
A	WO 2008/022722 A2 (ELSTER GMBH [DE]; LOI THERMPROCESS GMBH [DE] ET AL.) 28. Februar 2008 (2008-02-28) * Seite 10, Zeile 13 - Seite 16, Zeile 4 * * Abbildungen 1, 3, 3A, 3B *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23C F23D F24H
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. Juni 2022	Prüfer Rudolf, Andreas
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	

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

EP 21 21 3804

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

23-06-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2014011140	A1	09-01-2014	AT	388374 T	15-03-2008
				CA	2571126 A1	13-06-2007
				EP	1798470 A1	20-06-2007
				PL	1798470 T3	29-08-2008
				US	2007221196 A1	27-09-2007
				US	2014011140 A1	09-01-2014
20	-----					
	JP S5384228	A	25-07-1978	KEINE		
25	WO 2008022722	A2	28-02-2008	CN	101523114 A	02-09-2009
				DE	202007010480 U1	04-10-2007
				EP	2054665 A2	06-05-2009
				KR	20090048510 A	13-05-2009
				RU	2009110247 A	27-09-2010
				TW	200829834 A	16-07-2008
				US	2009220906 A1	03-09-2009
				WO	2008022722 A2	28-02-2008
30	-----					
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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