

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 718 928 A1

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: F24H 1/28 (2022.01)
F23C 9/00 (2006.01)
F23D 11/40 (2006.01)
F23D 17/00 (2006.01)

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 70205/21

(22) Anmeldedatum: 26.08.2021

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2023

(71) Anmelder:
swiss e-futurtec ag, Lindenweg 11
7303 Mastrils (CH)

(72) Erfinder:
Jörg Fülleman, 7303 Mastrils (CH)
Roman Koch, 7000 Chur (CH)

(74) Vertreter:
Riederer Hasler & Partner Patentanwälte AG,
Elestastrasse 8
7310 Bad Ragaz (CH)

(54) Verfahren zum Verbrennen eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs in einem Heizkessel, Heizkessel zur Durchführung des Verfahrens und Therme mit einem Heizkessel.

(57) Verfahren zum Verbrennen eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs in einem Heizkessel (11) mittels eines Blaubrenners. Der Blaubrenner umfasst

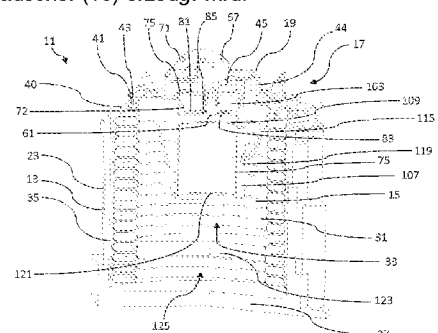
- ein Kesselgehäuse (13) mit
- einen im Kesselgehäuse (13) angeordneten zylinderförmigen Wärmetauscher (15) mit Durchtrittsöffnungen (31) für die Verbrennungsgase,
- ein Flammrohr, das im zylinderförmigen Wärmetauscher (15) angeordnet ist,
- eine im Flammrohr angeordnete Stauscheibe mit Blende (85), durch welche die Zuführung der Verbrennungsluft in das Flammrohr erfolgt, und einer Düseneinheit mit einer Düse (61) für den Brennstoff, sowie
- ein Flammenumlenkteil (123), welches in axialem Abstand zum Flammrohr angeordnet ist, wobei der Raum im Flammrohr, sowie zwischen Flammrohr, Umlenkteil (123) und Wärmetauscher (15) einen Feuerraum (33) definiert.

Das Verfahren führt zu einem russfreien und schadstoffarmen Verbrennen des Brennstoffs in einem genannten Heizkessel auf kleinstem Raum und weist folgende Verfahrensschritte auf:

- gleichzeitiges kontrolliertes Zuführen von Verbrennungsluft und Brennstoff in das Flammrohr,
- Zerstäuben und Verdampfen des Brennstoffs mit rezirkulierten, heissen Gasen und Vermischen des verdampften Brennstoffs mit der zugeführten Verbrennungsluft zu einem Brennstoff-Luft-Gasgemisch,

stoffs mit der zugeführten Verbrennungsluft zu einem Brennstoff-Luft-Gasgemisch,

- Zünden des Brennstoff-Luft-Gasgemisches und
- kontinuierliches Verbrennen des Brennstoff-Luft-Gasgemisches während der Verweilzeit im Feuerraum (33), solange gleichzeitig Verbrennungsluft und Brennstoff in das Flammrohr zugeführt werden, wobei die Verbrennungsluft in einem Winkel in das Flammrohr geleitet und in Rotation versetzt wird und ein Teil des heissen, sauerstoffarmen Heissgase-Brennstoff-Luft-Gemischs rezirkuliert wird,
- Umlenken der Verbrennungsgase im Abstand von der Flammrohröffnung (121), und
- Durchleiten der Verbrennungsgase durch die Durchtrittsöffnungen (31) des Wärmetauschers (15), so dass stromabwärts der Blende (85) bei Vollast des Brenners eine Differenzdruckzone mit einem Differenzdruck von mindestens 0,25 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum zwischen dem Flammrohr und dem Wärmetauscher (15) erzeugt wird.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Verbrennen eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs in einem Heizkessel, insbesondere in einem Brennwert-Heizkessel, mittels eines Blaubrenner gemäss Oberbegriff von Anspruch 1, einen Heizkessel gemäss Oberbegriff von Anspruch 36, sowie eine Therme mit einem Heizkessel.

Stand der Technik

[0002] Ein „Gelbbrenner“ ist ein Brenner, der mit sichtbarer „gelber Flamme“ brennt. Er beschreibt die klassische Bauform eines Öldruckzerstäubungsbrenners, bei dem eine Pumpe den Brennstoff Öl über eine Düse leitet und fein zerstäubt. Nach der notwendigen Vorwärmung entsteht dabei ein feiner Sprühnebel. Dieser wird durch einen elektrischen Lichtbogen entzündet, und der gesamte Ölnebel des nachströmenden Heizöls verdampft in der Flamme, bis die Brennstoffzufuhr unterbrochen wird. Durch die hohen Temperaturen und den mangelnden Sauerstoff in der Verbrennungszone steigen die Stickoxidemissionen in diesem Bereich. Außerdem entsteht Ruß, dessen Partikel die leuchtend gelbe Flammfarbe verursachen. Die Folge davon sind hohe Abgaswerte (CO, NOx), Russ und Verkoksung des Brenners.

[0003] Ein charakteristisches Merkmal eines Gelbbrenners ist die Stauscheibe, die den Ölnebel mit der nötigen Verbrennungsluft vermischen soll. Sie teilt den Luftstrom in der Regel in drei Teilströme, die auf unterschiedlichen Wegen in den Brennraum gelangen. Während die Primärluft durch eine Öffnung mit dem Ölnebel strömt, gelangt die Sekundärluft über einen Spalt zwischen Brennerrohr und Stauscheibe in den Brennraum. Zusätzlich strömt Luft auch über tangentialle Schlitze in den Brennraum. Sie geben der Flamme einen gewissen Drall, sodass sich Verbrennungsluft und Ölnebel besser vermischen. Darüber hinaus entsteht durch den dritten Luftstrom auch ein Luftpolster, der die Stauscheibe vor zu hoher thermischer Belastung schützt. Der Durchmesser dieser Stauscheiben bei Kleinbrennern ab ca. 22 kW beträgt min. 50 mm bis 65 mm. Die Pressung der Verbrennungsluft vor dieser Stauscheibe beträgt max. ca. 5 mbar. Die Pressung der Verbrennungsluft wurde bis in die 90er Jahre durch den Brennermotor mit Gebläserad mit bis zu 2'800 U/Min. (Standardmotor) erzeugt.

[0004] Vor allem ältere Gelbbrenner benötigen mehr Luft für die Verbrennung. Experten sprechen dabei von einem höheren Luftüberschuss. Das sorgt jedoch auch für höhere Abgasmengen und steigende Abgasverluste. Gelbbrenner arbeiten daher weniger effizient und die Heizkosten fallen höher aus. Auch die Rußzahl der Gelbbrenner ist im Vergleich mit Blaubrennern höher, wodurch die staubförmigen Emissionen größer ausfallen. Moderne Geräte, die anfangs der neunziger Jahre entwickelt wurden, arbeiten durch eine optimierte Abgasrückführung sauberer und sparsamer.

[0005] Die Funktionsweise eines Blaubrenners ähnelt beim Starten des Verbrennungsprozesses stark derjenigen eines Gelbbrenners. Nach wenigen Sekunden zeigen die Unterschiede an der Konstruktion dann jedoch ihre Wirkung: Ein hinter der Düse erzeugter Unterdruck saugt heiße Abgase aus dem Flammrohr zurück. Diese verdampfen den Ölnebel und ermöglichen eine deutlich bessere Mischung mit der Verbrennungsluft. Die Flamme brennt dann wie bei einem Gasbrenner und leuchtet in der typisch blauen Farbe.

[0006] Rezirkulationsöffnungen am Anfang des Flammrohrs saugen außerdem abgekühlte Verbrennungsgase aus dem Feuerraum. Diese senken die Verbrennungstemperatur und damit auch die Stickoxidemissionen der Blaubrenner. Diese kommen mit einem geringeren Luftüberschuss aus und erreichen niedrigere Abgasverluste als Gelbbrenner. Die Geräte nutzen die Brennstoffe besser aus und senken damit die Heizkosten. Ein weiterer Vorteil liegt im höheren CO₂-Gehalt der Abgase. Denn der höhere CO₂-Gehalt hebt den Taupunkt an und begünstigt somit den Brennwert-Effekt.

[0007] Der Feuerraumdruck im Heizkessel bei dessen Maximalleistung beträgt meist ungefähr minus 0.05 mbar. Der Hauptgrund des geringen Unterdrucks auch bei Nennleistung liegt darin, dass keine Abgase aus dem Feuerraum in den Heizungsraum eintreten können.

[0008] Diese Prüfbedingung für die Zulassung beim TÜV haben bei den Brennerherstellern insbesondere im Kleinleistungsbereich von ca. 25 kW/h dazu geführt, dass jahrzehntelang die Gebläsepressung am Brenner zwischen 2 mbar und max. 5 mbar ausgelegt worden sind.

[0009] Entsprechend haben sich die Entwicklungen und Verbesserungen an Ölbrenner kleiner Leistung (17.5 kW bis 25 kW) in Abstimmung mit der Gebläsepressung von max. 4 mbar konzentriert. Aus diesem Grund sind praktisch alle Patente im Zusammenhang des Brennerkopfes und der Stauscheibe für einen niedrigen Gebläsedruck ausgelegt worden. Die Regelbarkeit eines solchen Brenners beträgt 25% bis max. 30%.

[0010] Der Durchmesser einer Stauscheibe für den klassischen Zerstäuberbrenner beträgt bei praktisch allen Fabrikaten mit Kleinstleistung von ungefähr 25 kW mindestens ca. 60 mm oder mehr. Der Innendurchmesser der Öffnung in der Stauscheibe für die Zerstäuberdüse beträgt minimal 18 mm. Rezirkulationsströmungen für Abgase können mit den eingesetzten schwachen Gebläsepressungen nur bedingt beeinflusst werden und führen rasch zu Instabilität.

[0011] Schwefelarme Brennstoffe und flüssige Bio-Brennstoffe bilden eine grosse Gefahr für das sog. „Metal Dusting“, insbesondere wenn diese Brennstoffe gemischt werden und das Mischverhältnis über 10% liegt. „Metal Dusting“ wird vor allem dann begünstigt, wenn Brennstofftröpfchen auf heisse Metallteile wie Flammrohre etc. auftreffen und im Beisein von Sauerstoff und Verbrennungsgasen verdampfen. Lange Nachzündzeiten begünstigen das Entstehen von „Metal Dus-

ting“ zusätzlich, weil die Zündhochspannung in einem Flammenplasma zu pulsierendem Gleichstrom führt und Kohlenstoffröhrchen (Nanotube) an der Metalloberfläche entstehen. Wenn bei diesem Prozess kleine Krater an der Metalloberfläche entstehen, ist „Metal Dusting“ nicht mehr aufzuhalten.

[0012] Das europäische Patent EP 0 970 327 offenbart einen mit einem Blaubrenner ausgerüsteten Heizkessel mit einem einen Kesselraum umhüllenden Gehäuse und einem mantelförmigen Wärmetauscher, welcher den Kesselraum in eine Brennkammer und eine Abgaskammer aufteilt und über die Mantelfläche verteilt Durchlässe für heisse Verbrennungsgase aufweist. In der Brennkammer ist ein Brennerkopf angeordnet, welcher ein Flammrohr mit einer axialen Flammöffnung aufweist. In Abstand von der Flammöffnung ist ein Flammenumlenkteil vorgesehen, das derart ausgebildet ist, dass die Flamme in den Raum zwischen Flammrohr und Wärmetauscher umgelenkt wird. Ausserdem sind die Durchlässe für heisse Verbrennungsgase auf die ganze Länge der Brennkammer verteilt angeordnet. Der offenbarte Heizkessel mit Brenner hat den Vorteil, dass er sehr kurz gebaut werden kann, weil die Flamme um 180 Grad umgelenkt wird und dadurch genügend Zeit für eine vollständige Verbrennung gegeben ist.

[0013] Die WO2004038291A1 offenbart einen Brennerkopf, der ohne Flammrohr auskommt und dennoch eine gute Stabilität der Flamme erreicht. Der Brennerkopf weist eine Blende mit wenigstens zwei, vorzugsweise vier Öffnungen mit einheitlich geneigten Leitschaukeln auf, die der Zuführung von Zuluft zu einem Feuerraum dienen. Zwischen den Öffnungen sind Stauschaukeln zur Bildung von peripheren Unterdruckzonen zwischen den Zuluftstrahlen ausgebildet. Die Zuluftstrahlen sind durch die Leitschaukeln in eine bezüglich einer Achse geneigte Lage gelenkt. Somit divergieren die Zuluftstrahlen und bewirken dadurch eine zentrale Unterdruckzone um die erwähnte Achse zwischen den Zuluftstrahlen. Durch den zentralen Unterdruck und die Neigung der Zuluftstrahlen wird eine Rotation der Zuluft erreicht. Im Betrieb des Brenners werden Heissgase von aussen in die peripheren Unterdruckzonen und entgegen der Strömungsrichtung der Zuluft in die zentrale Unterdruckzone zwischen die Zuluftstrahlen eingesogen. Diese Strömungsverhältnisse schaffen ideale Verhältnisse für die Verbrennung von gasförmigem, flüssigem und/oder partikelförmigem Brennstoff in einer ruhigen, kühlen und schadstoffarmen Flamme. Diese Art der Verbrennung soll praktisch unabhängig von der Feuerraumgrösse und Feuerraumform sein.

[0014] Die EP-A-0867658A1 zeigt einen unabhängig vom Feuerungsraum abgasarm und ruhig brennenden Ölbrenner zur Verbrennung von flüssigem Brennstoff mit Abgasrezirkulation, bei welchem Luft durch eine zentrale Luftöffnung in ein Flammrohr geblasen und Abgas durch Sogwirkung der Luft durch Rezirkulationsöffnungen so in das Flammrohr rückgeführt wird, dass es die zentrale Luftströmung ummantelt. Der Brennstoff wird in Strömungsrichtung vor der Flammenwurzel in das den Luftstrom ummantelnde Abgas gesprüht, wo er verdampft. Der verdampfte Brennstoff wird erst dann zusammen mit dem Abgas mit der Luft verwirbelt.

[0015] Ein nach diesem Verfahren arbeitender Brenner hat eine zentral angeordnete Brennstoffdüse mit Kegelmantelcharakteristik und eine Stauscheibe mit einer Luftöffnung. In Strömungsrichtung an die Stauscheibe anschliessend gibt es ein Flammrohr, welches direkt bei der Stauscheibe umlaufende, ca. 1 mm breite Rezirkulationsschlitze und in Stauscheibennähe runde Rezirkulationsöffnungen mit einem Durchmesser von ca. 6 mm zum Einlass von Abgas in ein Unterdruckgebiet in Strömungsrichtung hinter der Stauscheibe aufweist. Die Sprühöffnung der Brennstoffdüse liegt etwa in der Ebene der Unterdruck erzeugenden Stauscheibe. Die Stauscheibe weist lediglich eine Öffnung auf, welche einen ringförmig konzentrisch um die Brennstoffdüse herum angeordneten Lufteinlass bildet. Leitbleche, die in einem Winkel zwischen 60 und 88 Grad angeordnet sind, versetzen die in das Flammrohr einströmende Luft in Rotation. Im Betrieb des Brenners wird Abgas aus dem umliegenden Feuerraum einerseits durch die Rezirkulationsschlitze und andererseits durch achtzehn runde Rezirkulationsöffnungen im Abstand von der Stauscheibe angesaugt. Das durch die Rezirkulationsschlitze angesaugte Abgas verhindert Russablagerungen an der Stauscheibe. Die Vermischung von Brennstoff und Luft erfolgt im Bereich der Zündelektroden spitzen, d.h. im Abstand von etwa 2/5 der Länge des Flammrohres, das im gezeigten Ausführungsbeispiel 160 mm lang ist. Das Flammrohr besitzt am Ende eine Einschnürung, die ein Ausströmen des Gases aus dem Mantelbereich behindert und dadurch eine Verwirbelung von Verbrennungsluft und Brennstoff begünstigt. Durch diese Merkmale wird angeblich ein sehr gutes Kaltstartverhalten erreicht, und es entsteht gemäss Patentbeschreibung eine hohle und kühle Flamme.

[0016] Das deutsche Gebrauchsmuster DE 90 12 283.6 U beschreibt einen Brenner für flüssige oder gasförmige Brennstoffe mit einem in seinem flammseitigen Endabschnitt konisch konvergierenden Flammrohr, einer konzentrisch im Flammrohr am Ende eines Düsenrohrs angeordneten Zerstäuberdüse mit Hohlkegelcharakteristik und einer gegenüber der Mündungskante des Flammrohrs nach innen versetzten, kreisförmigen Stauscheibe, die eine zentrale Durchgangsbohrung und mehrere radiale Drallschlitze mit schrägen Luftleitflächen aufweist. Die Stauscheibe ist an ihrem Umfang mit einer flammseitigen Ringwand versehen ist, welche durch radiale Zentrierstege des Flammrohrs zentriert ist und mit dem Endabschnitt des Flammrohrs einen offenen Ringspalt bildet. Von Bedeutung ist, dass die Luftleitflächen einen Winkel von etwa 30° zur Radialebene der Stauscheibe verlaufen und zerstäuberdüsenseitig angeordnet sind. Der Abstand zwischen der Zerstäuberdüse und der Stauscheibe beträgt maximal 3 mm. Im Betrieb des Brenners herrscht im Flammrohr ein Druck von etwa 8 bis 10 mbar. Durch die vorgeschlagene Luftführung wird eine äussere Rezirkulation in einer Rezirkulationszone von einer gelben Flammzone in die Flammwurzel erreicht.

[0017] Das deutsche Patent DE 40 08 692 C2 offenbart eine Mischeinrichtung für Ölgebläsebrenner, bestehend aus einem Mischrohr als Durchlaß für die Verbrennungsluft, das sich an seinem vorderen Ende konisch auf einen Auslaßdurchmesser verjüngt. Im Mischrohr ist im Bereich der konischen Verjüngung eine Stauscheibe angeordnet, welche mittels einer Halterung an einem Düsenstock befestigt ist. Düsenstock und Stauscheibe sind im Mischrohr axial verschiebbar. Die Staub-

scheibe besteht aus einer kreisförmigen Scheibe mit einem zentralen Innenloch zur Einführung des Brennstoffs und eines ersten Teils der Verbrennungsluft in einen Verbrennungsraum, mit radialen Schrägschlitzten zur tangentialen Einführung eines zweiten Teils der Verbrennungsluft in den Verbrennungsraum und aus einem Ring an ihrem Außenumfang, zwischen dem und der Innenwand des Mischrohrs ein dritter Teil der Verbrennungsluft in den Verbrennungsraum einleitbar ist. Das Mischrohr ist an seinem verjüngten vorderen Ende so weit radial einwärts gebogen, daß der Auslaßdurchmesser kleiner als der Durchmesser der Stauscheibe ist. Zudem ist die Höhe des stirnseitig zum Verbrennungsraum weisenden Ringes der Stauscheibe mindestens so groß wie der Durchmesser des Innenloches der Stauscheibe bemessen.

[0018] Gemäss einer Ausführungsform ist vor dem Mischrohr und coaxial mit diesem ein Vorsatzrohr angeordnet. Es ist mittels Halterungen am Mischrohr derartig befestigt, daß es das verjüngte vordere Ende überlappt. Dadurch wird zwischen dem Mischrohr und dem Vorsatzrohr ein Ringspalt gebildet, durch welchen eine tertiäre Rezirkulation erfolgt, indem kühlere Verbrennungsgase in den Randbereich der Flamme geführt werden, die dadurch weiter abgekühlt wird. In dieser Ausführungsform soll das Öl nahezu stöchiometrisch in einer absoluten Blauflamme verbrennen.

[0019] Der grosse Nachteil aller dieser Brennersysteme ist die Notwendigkeit der Einstellmöglichkeiten am Brennerkopf. Je nach Kesselfabrikat, Abgasleitung zum Kamin, Kamindurchmesser und Länge des Kamins muss der Brennerkopf durch axiale Einstellungen der Düsenstange zur Stauscheibe, sowie die radiale Öffnung an der Stauscheibe zum Brennerrohr mit viel Geschick eingestellt werden, damit die CO-Messungen und insbesondere der Russ entsprechend der Norm eingehalten werden.

Aufgabenstellung

[0020] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Verbrennen eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs in einem Heizkessel vorzuschlagen, das auf kleinstem Raum, d.h. in einem miniaturisierten Heizkessel, eine russfreie und schadstoffarme Verbrennung eines Brennstoffs, insbesondere von mineralischem oder pflanzlichem Öl, erlaubt. Ein Ziel ist es, einen Heizkessel vorzuschlagen, der noch kürzer gebaut werden kann als bisher bekannte Heizkessel und im Aufbau möglichst einfach ist. Auch sollten keine aufwändigen Justierarbeiten nötig sein, um den Brenner optimal einzustellen. Ein weiteres Ziel ist, einen Brenner vorzuschlagen, dessen Leistung über einen sehr grossen Bereich, d.h. entweder in Stufen oder vorzugsweise stufenlos, geregelt werden kann. Noch ein Ziel ist es, einen kostengünstig herstellbaren, miniaturisierten Heizkessel vorzuschlagen, der sich insbesondere für die spontane Erzeugung von Warmwasser eignet. Noch ein Ziel ist es, einen Brenner für einen Heizkessel vorzuschlagen, der bereits nach kürzester Zeit, d.h. insbesondere innerhalb weniger Sekunden, mit „blauer Flamme“ brennt. Ein weiteres Ziel ist es, einen Brenner vorzuschlagen, der sich für die Verbrennung von erneuerbaren Brennstoffen (pflanzlichen Ölen etc.) eignet, d.h. keine Probleme wie „Metal Dusting“ auftreten. Noch ein Ziel ist es, dass der Brenner ohne Ölvorwärmer betrieben werden kann.

[0021] Noch ein Ziel ist es, einen Brenner mit einer sehr kurzen Flamme zu realisieren, der zudem ein sehr kurzes Flammrohr benötigt, und die Flamme sehr stabil am Flammrohr hält, ohne dass dieses am Austritt der Flamme aus dem Flammrohr eingebördelt werden muss. Noch ein Ziel ist es, dass der Strömungsweg der oxidierenden Flamme durch Rotation innerhalb und ausserhalb des Flammrohrs drastisch verkürzt werden kann, so dass bereits beim Auftreffen der Flamme auf dem Umlenkteil die Oxidation der Heissgase grösstenteils abgeschlossen ist, bevor die heissen Verbrennungsgase nach einer Umlenkung um 90° beim Auftreffen auf das wendelförmig gewickelte Wärmetauscherrohr mit Durchtrittsöffnungen die geforderten Emissionswerte unterschritten werden. Noch ein Ziel ist es, die Verbrennungsluftführung beim Durchtritt durch die Blende so zu gestalten, dass einerseits eine hohe Rotation der zugeführten Verbrennungsluft mit der Mischzone von Heissgasen und dem verdampften Brennstoff entsteht, und zum andern eine Blauflamme erzeugt wird, die im Flammrohr und ausserhalb des Flammrohrs mit hoher Rotation ausbrennt.

Definitionen:

[0022] Als „Heissgase“ wird das oxidierende („brennende“) Luft-Brennstoff-Gemisch bezeichnet.

[0023] Die „Flamme“ ist der sichtbare Anteil der „Heissgase“. Unter Flamme ist auch der unsichtbare Bereich der Flamme zu verstehen, bis die Oxidation in der Verbrennung unter die geforderten Werte gesunken ist.

[0024] Unter dem Begriff „Verbrennungsgase“ werden die durch die Durchtrittsöffnungen des Wärmetauschers und aus dem Verbrennungsraum austretenden Gase bezeichnet.

[0025] Unter „Brennwert-Heizkessel“ wird ein Heizkessel verstanden, bei welchem die Verdampfungsenthalpie von Wasser zurückgewonnen wird.

[0026] Ein „Blaubrenner“ ist ein Brenner, der mit sichtbarer „blauer Flamme“ brennt.

[0027] Der „Feuerraum“ bezeichnet den Raum, der vom zylindrischen Wärmetauscher, dem Flammenumlenkteil, dem Brennergehäuseboden und Stauscheibe begrenzt ist.

[0028] Der „Verbrennungsraum“ bezeichnet den Raum innerhalb des Feuerraums, wo die Verbrennung im Grossen und Ganzen stattfindet.

[0029] Unter „Feuerraumbelastung“ versteht man die Belastung eines Brenners pro m³ Feuerraum eines Kessels, bei dem die geforderten Abgaswerte bzw. strengsten Normen noch erreicht werden können. Herkömmliche Heizkessel errei-

chen die strengsten Abgasnormen nur bis zu einer Feuerraumbelastung bis ca. 1,6 MW pro m³ Feuerrauminhalt. Die Feuerraumbelastung ergibt sich aus dem pro Zeiteinheit zugeführten Energieinhalt des Brennstoffs mal das Volumen, das pro m³ Feuerraum beinhaltet ist.

[0030] „Metal Dusting“ ist eine äußerst zerstörerische Art der Korrosion, die auftritt, wenn gefährdete Materialien einer kohlenstoffreichen Atmosphäre ausgesetzt sind. Die Korrosion äußert sich in der Zersetzung von massiven Metallen in Metallpulver.

[0031] „Unterdruck“: Die in der Beschreibung angegebenen Drücke beziehen sich jeweils auf den Differenzdruck zum Umgebungsdruck, wobei die Umgebung auch der übrige Feuerraum sein kann. Ein Gebläsepressdruck von 30 mbar entspricht bei Normaldruck in absoluten Werten 1030 mbar.

Beschreibung

[0032] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss Oberbegriff von Anspruch 1, das dadurch charakterisiert ist, dass stromabwärts der Blende bei Volllast des Brenners im Flammrohr eine Differenzdruckzone mit einem Differenzdruck von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum zwischen dem Flammrohr und dem Wärmetauscher erzeugt wird. Der Feuerraumdruck wird dabei vorzugsweise im Bereich der ersten Flammrohrhälfte gemessen. Das erfindungsgemässe Verfahren hat den Vorteil, dass die Flamme bereits innert Sekundenbruchteilen blau brennt und dabei die geforderten Abgaswerte erreicht, ohne dass der Brennstoff vorgewärmt werden müsste. Ausserdem ist die Flamme sehr stabil, und die Leistung des Brenners kann in einem sehr grossen Leistungsbereich geregelt werden.

[0033] Vorteilhaft wird die Verbrennungsluft derart in das Flammrohr geleitet, dass bei Volllast des Brenners die Differenzdruckzone im Abstand von der Stauscheibe ein Maximum beschreibt. Dadurch wird eine besonders stabile Flamme erzeugt.

[0034] Vorteilhaft wird zur Einstellung der gewünschten Brennerleistung in der Differenzdruckzone ein Differenzdruck zwischen 0.01 und ungefähr 0.5 mbar erzeugt. Dadurch verlängert sich die Verweilzeit der Heissgase im Flammrohr erheblich, sodass der Verbrennungsprozess fast vollständig abgeschlossen ist, wenn die rotierenden Heissgase auf das Flammenumlenkteil treffen.

[0035] Vorteilhaft wird das Brennstoff-Luft-Gemisch in einem Winkel in das Flammrohr geleitet derart, dass eine kurze buschige Flammenform erzeugt wird, sodass bis zur Umlenkung der Verbrennungsgase am Umlenkteil der Ausbrand zu mindestens 90 %, vorzugsweise mindestens 95 % und besonders bevorzugt zu mindestens 99.95 % erfolgt.

[0036] Vorteilhaft wird der Brennstoff in einer heissen, sauerstoffarmen Verdampfungs- und Vermischungszone verdampft, die sich in Strömungsrichtung ca. 5mm bis ca. 30mm nach dem Austritt aus der Düse befindet. Dies hat den Vorteil, dass das Brennstoff-Luft-Gasgemisch nach dem Austritt aus der Düsenöffnung praktisch augenblicklich verdampft werden kann.

[0037] Vorzugsweise werden zudem sauerstoffarme Verbrennungsgase aus dem das Flammrohr umgebenden Feuerraum in die Verdampfungs- und Vermischungszone, die sich ca. 5 mm bis ca. 30 mm nach dem Austritt des Brennstoffes aus der Düse befindet, rezirkuliert. Dies hat den Vorteil, dass sofort nach dem Starten des Brenners genügend Wärmeenergie vorhanden ist, um den Brennstoff zu verdampfen.

[0038] Zweckmässigerweise werden unmittelbar nach dem Zünden der Flamme sauerstoffarme Heissgase aus der Flammwurzel abgesaugt, sodass die eingespritzten Brennstoff-Aerosolteilchen unmittelbar verdampfen und sich anschliessend mit der Verbrennungsluft zu einem homogenen Brennstoff-Luft-Gasgemisch mit heissen sauerstoffarmen Verbrennungsgasen vermischen. Dies macht sich in einem extrem guten Kaltstartverhalten im Heizkessel bemerkbar.

[0039] Vorteilhaft lässt sich die Leistung mindestens einstufig, zweistufig, vorzugsweise dreistufig und besonders bevorzugt stufenlos dem Wärmebedarf anpassen. Dies hat den Vorteil, dass der Brenner weniger oft an- und abgeschaltet werden muss, was sich in einer längeren Lebensdauer äussert.

[0040] Vorzugsweise kann die Leistung durch Variation des Gebläsedrucks zwischen ungefähr 25% bis 100% der Volllast eingestellt werden. Dies ist im Vergleich zu konventionellen Ölbrennern ein bedeutend grösserer Einstellbereich.

[0041] Vorteilhaft wird das Brennstoff-Luft-Gasgemisch im Abstand von der Einlassdüse gezündet. Zweckmässigerweise das Brennstoff-Luft-Gasgemisch in einem axialen Abstand zwischen 20 und 90 mm, vorzugsweise zwischen 25 und 80 mm und besonders bevorzugt zwischen 30 und 60 mm von der Düse entfernt gezündet. Vorteilhaft werden die Heissgase durch das Flammenumlenkteil um 90 Grad umgelenkt. Dadurch, dass der Verbrennungsprozess grösstenteils abgeschlossen ist, bevor die Heissgase auf das Flammenumlenkteil treffen, ist es nicht mehr von essenzieller Bedeutung, dass die Heissgase zur Verlängerung der Verweilzeit um 180 Grad in den Raum zwischen Flammrohr und Wärmetauscher umgelenkt werden. Zur Umlenkung der heissen Gase reicht eine ebene Keramik- oder Schamottplatte.

[0042] Vorzugsweise werden die Heissgase teilweise zur Flammwurzel rezirkuliert. Dies hat den Vorteil, dass die Flamme nach längstens 3 Sekunden, vorzugsweise nach weniger als 2 Sekunden und besonders bevorzugt nach weniger als einer Sekunde blau brennt. Dies hat den Vorteil, dass der nach dem Verfahren betriebene Blaubrenner mit der Russzahl null brennt.

[0043] Durch das erfindungsgemässe Verfahren kann eine Feuerraumbelastung bei Volllast des Brenners von mindestens 2 MW/m³, vorzugsweise mindestens 2,5 MW/m³ und besonders bevorzugt mindestens 3 MW/m³ erreicht werden. Dies ist bedeutend höher als bei bekannten Brennwertkesseln.

[0044] Vorteilhaft wird eine Gebläsepression von mind. 4 mbar bis max. 28 mbar, vorzugsweise mehr als 5 mbar und besonders bevorzugt mehr als 6 mbar erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass die Leistung des Brenners über einen sehr grossen Bereich geregelt werden kann.

[0045] Vorteilhaft wird die Brennerleistung über den Gebläse- und den Öldruck geregelt. Dies kann über die Heizkesselsteuerung und die Kopplung mit der Elektronik für die Ansteuerung der Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit erfolgen.

[0046] Vorteilhaft wird ein drehzahlgeregeltes Gebläse verwendet wird, das Drehzahlen vorzugsweise im Bereich zwischen ungefähr 3'500 bis 10'000 U/min einzustellen erlaubt. Dies erlaubt es, den Leistungsbereich sehr stark zu variieren. Dies hat zudem den Vorteil, dass im Feuerraum mit einer Gebläsepression von 5 mbar bei Kleinlast und bis ungefähr 28 mbar bei Volllast beim Eintritt in das Flammrohr ein hoher Differenzdruck erzeugt werden kann.

[0047] Vorteilhaft wird die Verbrennungsqualität über einen Sensor erfasst. Als Sensor kann entweder ein Kohlenmonoxid-Sensor oder eine Lambda-Sonde verwendet werden. Dies erlaubt es den Verbrennungsprozess über das Steuergerät und die gesteuerte Zugabe von Luft zu automatisieren und optimal einzustellen.

[0048] Zweckmässigerweise wird die Flamme mit Hilfe einer Ionisationselektrode überwacht. Diese Lösung ist kostengünstig und erfordert keine Feinjustierung. Dies hat den Vorteil, dass die Brennstoffzufuhr sofort unterbrochen werden kann, wenn keine Flamme detektiert werden kann.

[0049] Vorteilhaft wird der Brenner mit einer Brennersicherheitsüberwachung überwacht. Für eine solche Brennersicherheitsüberwachung können Steuergeräte und Betriebsparameter verwendet werden, wie sie sonst bei Gasbrennern zum Einsatz kommen. Das heisst, der Brenner muss innert Sekunden nach dem Starten brennen, sonst wird er nach ca. 3 Sekunden Sicherheitszeit wieder abgeschaltet. Vorzugsweise sind im Flammrohr Rezirkulationsschlitze oder -öffnungen radial im Bereich der Verdampfungs- und Vermischungszone vorgesehen. Dies ermöglicht die Rückführung von Verbrennungsgasen aus dem Feuerraum in die Verdampfungs- und Vermischungszone. Auch wenn Rezirkulationsöffnungen flammrohrseitig direkt bei der Stauscheibe und zusätzlich im Abstand von 10 bis 30mm von dieser entfernt vorgesehen sein können, sind die Rezirkulationsöffnungen vorzugsweise ausschliesslich im Abstand zwischen 15 und 40 mm, vorzugsweise zwischen 20 und 35 mm vorgesehen.

[0050] Vorteilhaft werden bei einem Restsauerstoffanteil von 3% in den Verbrennungsgasen die strengsten Normen erfüllt. Diese betragen im Zeitpunkt der Abfassung dieser Anmeldung für CO max. 60 mg/kWh und die NOX Werte max. 120 mg/kWh, sowie die CXHY Werte von max. 10 ppm.

[0051] Vorteilhaft wird der Verbrennungsprozess so gesteuert, dass in den Verbrennungsgasen der CO-Anteil < 60 mg/m³, vorzugsweise < 30 mg und der NOx-Anteil < 120 mg/m³, vorzugsweise < 70 mg/m³ ist.

[0052] Vorteilhaft wird der Brenner je nach gewünschter Leistung auf weniger als 60%, vorzugsweise weniger als 50% und besonders bevorzugt weniger als 40% seiner Maximalleistung geregelt.

[0053] Zweckmässigerweise wird die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit einstufig oder zweistufig verwendet.

[0054] Vorzugsweise wird die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit mit Elektronik und PWM Signal (Pulsweitenmodulation) mit dem PWM Signal der Elektronik vom Gebläsemotor gekoppelt.

[0055] Gemäss einem unabhängigen Aspekt der Erfindung erfolgt die Zündung des Brennstoff-Luft-Gas-Gemischs seitlich durch eine seitliche Öffnung im Flammrohr. Dies hat den Vorteil, dass die Stromungsverhältnisse im Innern des Flammrohrs durch die Elektroden nicht gestört werden.

[0056] Vorteilhaft wird im Feuerraum ausserhalb des Flammrohrs bei Volllast des Brenners ein Feuerraumdruck von ca. 1 mbar eingestellt.

[0057] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Brennwert-Heizkessel oder eine Brennwerttherme mit einem Blaubrenner, gemäss Oberbegriff von Anspruch 36. Der erfindungsgemasse Brenner ist dadurch charakterisiert, dass der Lufteinlass in das Flammrohr derart ausgebildet ist, dass bei Volllast des Brenners eine Differenzdruckzone mit einem Differenzdruck von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum zwischen dem Flammrohr und dem Wärmetauscher erzeugbar ist.

[0058] Vorteilhaft weist die Blende eine Mehrzahl von in einem Winkel abstehenden Leitflügeln auf dergestalt, dass im Betrieb des Brenners bei Volllast eine Differenzdruckzone von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum zwischen dem Flammrohr und dem Wärmetauscher erzeugbar ist.

[0059] Zweckmässigerweise sind die Leitflügel als Leitschaukeln ausgebildet. Diese müssen so ausgebildet sein, dass im Betrieb des Brenners im Flammrohr ein möglichst hoher Differenzdruck erzeugt werden kann.

[0060] Vorzugsweise haben die Leitflügel im Ausgangszustand eine Trapezform, wobei bei der Herstellung der Leitflügel die Trapezdiagonalen im Wesentlichen auf der ganzen Länge verdreht werden. Dadurch kann die Verbrennungsluft, die

praktisch ausschliesslich über die zentrale Öffnung der Blende in das Flammrohr gelangt, in Rotation versetzt und dadurch die Verweilzeit der Heissgase im Flammrohr verlängert werden. Die Leitflügel sind an einer Scheibe mit einer zentralen Öffnung ausgebildet, wobei die Leitflügel mittels eines Stegs mit der Scheibe verbunden sind. Die Stegbreite a der Leitflügel im Verhältnis zum Durchmesser d der Blende ist kleiner als ungefähr 10, vorzugsweise kleiner als 8 und besonders bevorzugt kleiner als 6.

[0061] Vorteilhaft sind die Leitflügel derart ausgebildet, dass die Verbrennungsluft in einem Winkel in das Flammrohr geleitet und in Rotation versetzt wird, wobei ein Differenzdruck erzeugt und ein Teil des Heissgase-Luft-Brennstoff-Gas-Gemischs teilweise zur Blende rezirkuliert wird. Dies hat den Vorteil, dass der Brenner ein exzellentes Kaltstartverhalten aufweist.

[0062] Vorteilhaft hat die Blende wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens fünf und besonders bevorzugt wenigstens sieben in einem Kreis und vorzugsweise in regelmässigen Abständen voneinander angeordnete Leitflügel. Die Leitflügel haben vorzugsweise eine solche Gestalt, dass durch die Leitflügel streifende Luft eine Sogwirkung erzeugt.

[0063] Vorteilhaft ist die Blende in Strömungsrichtung bis zu 2.5 mm vor oder bis zu 2 mm nach der Zerstäuberdüse angeordnet sein kann. Die genaue Positionierung der Blende ist zweckmässigerweise so, dass eine teilweise Rezirkulation des Luft-Brennstoff-Gas-Gemischs hin zur Blende erfolgt.

[0064] Zweckmässigerweise ist die Blende als Scheibe ausgebildet, in deren Zentrum die Zerstäuberdüse anordenbar ist.

[0065] Vorteilhaft ist der vom Gebläse erzeugbare Gebläsepressdruck zwischen ungefähr 4 mbar bei Kleinlast und bis zu ungefähr 28 mbar bei Vollast einstellbar. Dies erlaubt es, die Brennerleistung in einem sehr grossen Bereich einzustellen.

[0066] Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Flammrohrlänge bei einer maximalen Brennerleistung von $22 \text{ kW} < 150 \text{ mm}$, vorzugsweise kleiner als 140 mm und besonders bevorzugt kleiner als 130 mm. Bevorzugt liegt die Länge des Flammrohrs zwischen 80 und 120 mm, könnte aber auch noch kürzer sein.

[0067] Vorteilhaft nehmen die Rezirkulationsöffnungen bei einem Flammrohrdurchmesser von 90 mm eine Fläche zwischen ungefähr 130 mm^2 und 1030 mm^2 , vorzugsweise zwischen 300 mm^2 und 800 mm^2 und besonders bevorzugt zwischen 500 mm^2 und 700 mm^2 einnehmen.

[0068] Vorteilhaft nehmen die Rezirkulationsöffnungen bei einem Flammrohrdurchmesser von 70 mm eine Fläche zwischen ungefähr 100 mm^2 und 800 mm^2 , vorzugsweise zwischen 300 mm^2 und 750 mm^2 und besonders bevorzugt zwischen 450 mm^2 und 550 mm^2 ein.

[0069] Vorteilhaft nehmen die Rezirkulationsöffnungen bei einem Flammrohrdurchmesser von 80 mm eine Fläche zwischen ungefähr 100 mm^2 und 900 mm^2 , vorzugsweise zwischen 300 mm^2 und 750 mm^2 und besonders bevorzugt zwischen 450 mm^2 und 650 mm^2 ein.

[0070] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist ein das Kesselgehäuse auf der einen Seite verschliessendes Brennergehäuse vorgesehen, an welchem das Flammrohr und die Düseneinheit angeordnet und der Einlass für Verbrennungsluft vorgesehen sind. Dies erlaubt eine einfache Demontage, Kontrolle und nötigenfalls Reinigung der Düseneinheit.

[0071] Vorteilhaft ist das Brennergehäuse mit einem lösbaren Brennergehäusedeckel verschlossen, in welchem die Düseneinheit angeordnet ist.

[0072] Vorteilhaft definiert das Brennergehäuse eine ringförmige Einstromkammer für die Verbrennungsluft.

[0073] Vorteilhaft umfasst die Düseneinheit einen Düsenkörper mit einem ausserhalb des Brennergehäuses liegenden Düsenkörperkopf und einem in der Einstromkammer sich erstreckenden, die Düse aufnehmenden Düsenkörperschaft.

[0074] Zweckmässigerweise ist mindestens der Düsenkörperschaft, vorzugsweise die ganze Düseneinheit, aus einem thermisch gut leitbaren Material, z.B. Messing oder Aluminium, hergestellt. Dies hat den Vorteil, dass nach dem Abstellen des Brenners noch vorhandene Wärme gut abgeleitet werden.

[0075] Als Düse ist vorzugsweise eine Zerstäuberdüse mit ungefähr 80° Vollkegel oder Hohlkegel eingesetzt.

[0076] Vorzugsweise ist zur Beruhigung der Verbrennungsluft in Strömungsrichtung vor der Blende mindestens ein Siebeinsatz, vorzugsweise ein Lochblech mit einem Lochdurchmesser zwischen 1 und 3 mm, vorgesehen. Die Verwendung eines Siebeinsatzes hat den Vorteil, dass die Verbrennungsluft gleichmässiger in das Flammrohr einströmen kann.

[0077] Vorteilhaft ist für die Überwachung des Brenners ein Gas-Brennerautomat mit der Sicherheitszeit entsprechend der Normen für Gas verwendbar. Dies hat den Vorteil, dass auf im Handel verfügbare Produkte zurückgegriffen werden kann mit attraktiven Einkaufspreisen dieser Komponenten.

[0078] Vorteilhaft stellt sich das Verhältnis des Verbrennungsluftdruckes vor der Blende und dem Differenzdruck im Flammrohr, sowie der Druck im Feuerraum und der Differenzdruck in der Rezirkulationsöffnung im Flammrohr entsprechend der eingestellten Leistung automatisch ein. Dies wird dadurch erreicht, indem die Drehzahl des Gebläses je nach Vorgabe für die Brennerleistung durch eine Komfortregelung und dem Feuerungsautomat z.B. zwischen $3'500 \text{ U/Min.}$ und z.B. $10'000 \text{ U/Min.}$ geregelt werden kann.

[0079] Zweckmässigerweise umfasst der Heizkessel ein Steuergerät und regelbare, mit dem Steuergerät verbundene Ventile für die Steuerung der Luft- und der Brennstoffmenge. Dadurch kann der Verbrennungsprozess in Kombination mit

den übrigen strukturellen Merkmalen des erfindungsgemässen Heizkessels so eingestellt werden, dass die strengsten Abgasnormen problemlos erfüllbar sind.

[0080] Vorzugsweise ist das Steuergerät so ausgebildet, dass die Steuerung der zugeführten Luft- und der Brennstoffmenge abhängig voneinander vorgenommen werden kann.

[0081] Vorteilhaft ist die Leistung des Brenners bis zum Regelverhältnis von 1:4 einstellbar. Dies ermöglicht es, den Brenner längere Zeit kontinuierlich zu betreiben. Durch die geringere Zahl von Ab- und Anschaltungen kann die Lebensdauer des Brenners deutlich erhöht und die Energieeinsparung weiter verbessert werden.

[0082] Vorteilhaft umfasst der Heizkessel einen Druckerzeuger zur Regelung des Öldrucks, wobei der Öldruck vorzugsweise in einem Bereich zwischen 3bar und 28 bar regelbar ist.

[0083] Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform liegt das Verhältnis von Flammrohrlänge zu Flammrohrdurchmesser zwischen 1,6 und 0,8 und vorzugsweise zwischen 1,4 und 0,9 und besonders bevorzugt zwischen 1,2 und 0,95.

[0084] Als Flammenumlenkteil kann eine Platte aus einem keramischen Material, z.B. eine Keramikfaserplatte, eingesetzt sein. Auch ist es denkbar, das Umlenkteil beispielsweise mit Wasser zu kühlen.

[0085] Vorteilhaft ist das Gebläse ausgebildet, um im Zwischenraum zwischen Flammrohr und Wärmetauscher einen Druck von mehr als 0.2 mbar, vorzugsweise mehr als 0.3 mbar und besonders bevorzugt mehr als 0.4 mbar relativ zur Umgebung zu erzeugen. Ein solcher Gebläsepressdruck ist für die Erreichung einer hohen Feuerraumbelastung von Bedeutung.

[0086] Aufgrund der vorteilhaften Eigenschaften des erfindungsgemässen Brenners kann ein Gleichstrom-Hochdruckgebläse, wie es für Gasbrenner bereits serienmässig erhältlich ist, eingesetzt werden. Ein solches Hochdruckgebläse ermöglicht vorzugsweise Drehzahlen von z.B. 3'500 U/Min. bis 10'000 U/Min. Dadurch können hohe Brennkammerwiderstände in einem Brennwert-Spaltwendelheizkessel bis 2 mbar, oder sogar mehr, überwunden werden.

[0087] Vorteilhaft ist der Brenner sowohl für schwefelreduzierte Brennstoffe mit einem Schwefelgehalt $S < 300$ mg/kg, schwefelarme Brennstoffe mit einem Schwefelgehalt $S < 80$ mg/kg, besonders bevorzugt $S < 10$ mg/kg und insbesondere für flüssige synthetische Kraftstoffe, insbesondere erneuerbare BTL-Kraftstoffe (biomass to liquid = BTL) und E-Fuels verwendbar.

[0088] Vorteilhaft sind für die Überwachung des Brenners ein oder mehrere Sensoren, insbesondere Ionisationselektroden, lichtempfindliche Sensoren, CO-Sensoren, Drucksensoren und/oder Lambda-Sonden vorgesehen.

[0089] Vorteilhaft hat das Flammrohr einen geraden Zylinder ohne endständige Einschnürung. Das heisst, dass das Flammrohr einfach gestaltet sein kann, weil für die Stabilisierung der Flamme keine Einschnürung am Ende des Flammrohrs nötig ist.

[0090] Vorteilhaft sind die Zündeletroden in einem Abstand stromabwärts der Luftblende zwischen 40 und 55mm, vorzugsweise ungefähr 50 mm, durch eine Öffnung im Flammrohrmantel geführt.

[0091] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch eine Brennwert-Therme mit einem Heizkessel nach einem der Ansprüche 36 bis 75, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der Wasserinhalt des Wärmetauschers bei einer maximalen Leistung von 22 kW weniger als sieben Liter, vorzugsweise zwischen 2,8 und 6 Liter und besonders bevorzugt zwischen ungefähr 4,5 und 5,5 Liter beträgt. Eine solche Brennwert-Therme kann sehr gut als Durchlauferhitzer zur Erwärmung von Brauchwasser eingesetzt werden, weil durch die mögliche, hohe Feuerraumbelastung und das geringe Volumen der im Wärmetauscher vorhandenen Kühlflüssigkeit sehr schnell, d.h. in weniger als einer Minute warmes Brauchwasser von bis zu 60 °C erzeugt werden kann.

[0092] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch Heizkessel gemäss Oberbegriff von Anspruch 76, der dadurch charakterisiert ist, dass im Flammrohrmantel eine Öffnung für die Durchführung der Zündeletroden vorgesehen ist.

[0093] Noch ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Heizkessel gemäss Oberbegriff von Anspruch 78 ist, der dadurch charakterisiert ist, dass ein eine Einströmkammer für Verbrennungsluft definierendes Brennergehäuse vorgesehen ist, in welchem zur Luftberuhigung ein Siebeinsatz vorgesehen ist.

[0094] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher im Detail erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: Eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemässen Heizkessels bestehend aus einem Kesselgehäuse, einem im Kesselgehäuse angeordneten Wärmetauscher, sowie einem an einer Stirnseite des Kesselgehäuses angeordneten Brennereinheit mit einem Gebläse, wobei zur besseren Veranschaulichung ein Teil des Heizkessels entlang zweier Linien weggeschnitten ist;

Fig. 2: Die Querschnitte des Heizkessels von Fig. 1;

Fig. 3: Eine Draufsicht auf die Brennereinheit des Heizkessels von Fig. 1;

- Fig. 4: Eine Unteransicht auf die Brennereinheit des Heizkessels von Fig. 1, wobei der Gehäusedeckel weggelassen ist;
- Fig. 5: Eine perspektivische Ansicht der Brennereinheit von Fig. 1, wo zwecks besserer Veranschaulichung Teile der Brennereinheit weggeschnitten sind;
- Fig. 6: Die Brennereinheit mit Flammrohr und Gebläse im Schnitt analog der Darstellung von Fig. 5;
- Fig. 7: Der Düsenkörper der Brennereinheit in perspektivischer Darstellung;
- Fig. 8a: Der Düsenkörper von Fig. 7 im Längsschnitt entlang der Linie I;
- Fig. 8b: Der Düsenkörper von Fig. 7 mit Zerstäuberdüse im Längsschnitt entlang der Linie II;
- Fig. 9: Eine Blende des Brenners vor der Verformung in perspektivischer Ansicht;
- Fig. 10: In perspektivischer Ansicht die Blende von Fig. 9 im fertigen Zustand;
- Fig. 11: Die Brennereinheit von Fig. 1 mit einem ersten Ausführungsbeispiel einer Luftberuhigungsvorrichtung;
- Fig. 12: Die Brennereinheit von Fig. 1 mit einem zweiten Ausführungsbeispiel einer Luftberuhigungsvorrichtung;
- Fig. 13: Die Brennereinheit von Fig. 1 mit einem dritten Ausführungsbeispiel einer Luftberuhigungsvorrichtung;
- Fig. 14: Ein zweites Ausführungsbeispiel einer Brennereinheit mit im Flammrohr angerordneten Zündelektroden und Sensor;
- Fig. 15: Das Schema einer Heizungsanlage mit dem erfindungsgemässen Heizkessel zur Erzeugung von Brauchwasser und Heizwasser für eine Heizung;
- Fig. 16: Das Schema einer Heizungsanlage mit dem erfindungsgemässen Heizkessel zur Erzeugung von Brauchwasser in einem Durchlauferhitzer und Heizwasser für eine Heizung;
- Fig. 17: Eine Hälfte des erfindungsgemässen Heizkessels im Schnitt und darunter ein Diagramm, in welchem der Differenzdruck im Flammrohr als Funktion des Abstandes von der Stauscheibe dargestellt ist;
- Fig. 18: Eine Hälfte eines vorbekannten Heizkessels mit einem Blaubrenner im Schnitt und darunter ein Diagramm, in welchem der Differenzdruck im Flammrohr als Funktion des Abstandes von der Stauscheibe dargestellt ist;
- Fig. 19: Eine zweite Ausführungsform einer Blende mit Zentriernoppen;
- Fig. 20: Die aus dem Flammrohr tretende Flamme bei einem Brenner gemäss der Erfindung;
- Fig. 21: Im Vergleich dazu die Flamme bei einem herkömmlichen Blaubrenner.

[0095] Die Figuren 1 bis 8 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Heizkessels 11, dessen wesentliche Komponenten ein zylindrisches Kesselgehäuse 13, ein im Kesselgehäuse 13 angeordneter mantelförmigen Wärmetauscher 15 und eine Brennereinheit 17 mit einem Brennergehäuse 19 und einem daran angeordnetem Gebläse 21 sind.

[0096] Das Heizkesselgehäuse 13 umfasst einen Gehäusemantel 23, der an der einen Stirnseite durch einen Gehäuseboden 27 (in den Figuren nicht als separates Bauteil dargestellt) und an der anderen Stirnseite durch das Brennergehäuse 19 verschlossen ist. Der mantelförmige Wärmetauscher 15 besteht vorzugsweise aus einem wendelförmig gewickelten, korrosionsbeständigem Wärmetauscherrohr, wobei zwischen benachbarten Rohren Durchtrittsöffnungen 31 für die Verbrennungsgase vorhanden sind. Der Wärmetauscher 15 ist in das Kesselgehäuse 13 eingesetzt und teilt dessen Innenraum in einen Feuerraum 33 und einen Abgasraum 35.

[0097] Das Brennergehäuse 19 ist mit einem Rand an einen stirnseitigen Flansch 40 des Kesselgehäuses 13 befestigt. Im Rand ist eine ringförmige Nut 41 vorgesehen, in die eine Dichtung 43 eingelegt ist. Das Brennergehäuse 19 besitzt einen abgesetzten zylindrischen Stutzen 44, der durch einen Brennergehäusedeckel 45 verschliessbar ist. Im Brennergehäusedeckel 45 ist eine Düseneinheit 47 lösbar befestigt.

[0098] Die Düseneinheit 47 besteht aus einem Düsenkörper mit einem Kopf 51 mit einer seitlichen Gewindebohrung 53 für die Aufnahme einer Schnellkupplung 55 für den Anschluss einer Brennstoffleitung (nicht gezeigt) und einen Düsenkörperschaft 57 mit einer stirnseitigen Gewindebohrung 59 für die Aufnahme einer Düse 61 (Fig. 8b), vorzugsweise einer solchen mit Hohl- oder Vollkegelcharakteristik. Die Gewindebohrungen 53,59 sind über einen Verbindungskanal 63 miteinander

verbunden. Im Kopf 51 sind drei Durchgangslöcher 65 für die Aufnahme von drei Befestigungsschrauben 67 vorgesehen, mit deren Hilfe die Düseneinheit 47 am Brennergehäusedeckel 45 lösbar befestigt ist.

[0099] Am Brennergehäuse 19 ist ausserdem ein Rohrstutzen 69 für die Zufuhr von Verbrennungsluft in das Brennergehäuse 19 angeordnet oder direkt angeformt. An diesen Rohrstutzen 49 ist das Gebläse 21 an einem Flansch 71 angeschlossen.

[0100] Am Brennergehäuse 19 ist eine Flammrohreinheit 70 bestehend aus Brennerrohr 72 und Flammrohr 73 angeordnet. Das Brennerrohr 72 besitzt am Fuss einen Bördelrand 75, welcher an einem nach innen ragenden Ringabsatz 77 des Brennergehäuses 19 anliegt und mit diesem fest verschraubt ist (Schrauben 79). Auf das Brennerrohr 72 auf gesetzt ist eine Stauscheibe 81, die das Brennerrohr 72 bis auf eine zentrale Öffnung 83 verschliesst. In oder auf diese Öffnung 83 ist eine Blende 85 eingesetzt. An der Blende 85 ist eine Mehrzahl von in einem Winkel abstehende Leitflügel 87 ausgebildet, deren Zweck es ist, die in das Flammrohr 73 einströmende Verbrennungsluft in Rotation zu versetzen und stromabwärts der Stauscheibe einen ausreichend grossen Differenzdruck zu erzeugen, damit ein Teil der Heissgase aus der Flamme und zusätzlich heisse Verbrennungsgase aus dem übrigen Feuerraum ausserhalb des Flammrohrs 73 in die Flammwurzel rezirkuliert werden. Auf das Brennerrohr 72 resp. die dieses verschliessende Stauscheibe 81 aufgesetzt ist das Flammrohr 73, das einen etwas kleineren Durchmesser als das Brennerrohr 72 hat. Denkbar ist, Brennerrohr und Flammrohr aus einem Stück zu fertigen und die Stauscheibe an die Innenwand des Flammrohrs zu schweissen.

[0101] Die Figuren 9 und 10 zeigen die Blende 85 einmal als Zwischenprodukt (Fig. 9) und dann als fertiges Teil (Fig. 10). In Fig. 9 ist die Blende 85 als noch flaches Teil gezeigt, nachdem dieses mittels eines Laserschneidgeräts aus einem grösseren Stück Stahlblech ausgeschnitten ist. Die im Ausgangszustand ungefähr trapezförmigen Leitflügel 87 sind lediglich über ein Steg 89 mit der übrigen Scheibe verbunden. Zur Herstellung der Blende 85 werden die annähernd trapezförmigen Flügel einerseits um eine durch den Steg 89 radial verlaufende Achse 91 verdreht, in Fig. 10 nach oben, und andererseits die Flügel 87 zusätzlich verformt, indem die radial innenliegenden Trapezkanten 93 jeweils relativ zu den radial aussenliegenden Kanten 95 verdreht werden. Es resultieren Leitschaufeln, bei denen die Trapezdiagonalen 97,99 gekrümmt sind (in Fig. 10 nach unten gekrümmt). Von Bedeutung ist, dass die Leitflügel 87 eine solche Gestalt aufweisen, dass im Abstand zur Stauscheibe ein maximaler Differenzdruck erzeugt werden kann.

[0102] An der Peripherie der Blende 85 sind mehrere Ausnehmungen 101 vorgesehen, welche der Aufnahme von Befestigungsschrauben dienen, mit denen die Blende 85 an der Stauscheibe 57 festgeschraubt werden kann. Selbstverständlich ist es möglich, Stauscheibe und Blende einstückig auszuführen.

[0103] In der Fig. 19 ist eine weitere Ausführungsform einer Blende 85 gezeigt. Im Unterschied zur Blende gemäss Fig. 9 hat diese sägezahnartige Leitflügel 87. Diese Leitflügel haben den Vorteil, dass die Blende mit den verdrehten Flügeln nicht in Konflikt mit der Düse 61 kommt. Ein weiterer Unterschied sind drei Zentriernoppen 88, die eine Zentrierung der Blende 85 in der zentralen Öffnung 83 der Stauscheibe 81 ermöglichen.

[0104] Das Brennergehäuse 19 definiert zusammen mit dem Brennergehäusedeckel 45, dem Brennerrohr 72 und der Stauscheibe 81 mit Blende 85 eine Einströmkammer 103.

[0105] Das zylindrische Flammrohr 73 erstreckt sich in Achsrichtung 105 bis knapp zur Mitte des Feuerraums 33. In kurzem Abstand von der Stauscheibe 81, vorzugsweise im Abstand zwischen 5 und 18 mm, sind im Flammrohr 73 in Umfangsrichtung verlaufende Rezirkulationsöffnungen 109, vorzugsweise in Gestalt von Rezirkulationsschlitzten, vorgesehen, die der Rezirkulation von sauerstoffarmen Verbrennungsgasen aus dem umgebenden Feuerraum 33 in das Flammrohr 73 dienen. Die Rezirkulationsschlitzte 109 haben vorzugsweise eine Breite zwischen 1.1 und 3.5 mm und besonders bevorzugt eine Breite zwischen 1.5 und 3.0 mm, idealerweise zwischen ungefähr 2.0 und ungefähr 2.5 mm, bei einer Leistung bis ca. 22 kWh.

[0106] Im Brennergehäuse 19 sind Durchführungen 111 und 113 für Zündeletroden 115 und einen Überwachungssensor 117, z.B. eine Ionisationselektrode, zur Flammenüberwachung vorgesehen. Die Zündeletroden 117 sind im Feuerraum 33 zwischen Wärmetauscher 15 und Flammrohr 73 angeordnet und erstrecken sich mit ihren Enden durch eine Öffnung 119 im Flammrohrmantel ins Flammrohr 73 hinein. Ebenso erstreckt sich der Überwachungssensor 115 im Zwischenraum zwischen Wärmetauscher 15 und Flammrohr 73 bis vor die Flammrohröffnung 121, sodass im Betrieb das Vorhandensein einer Flamme (Ionisationsprozess) festgestellt werden kann. Die beschriebene Anordnung der Elektroden 115 und des Sensors 117 hat den Vorteil, dass diese die Strömungsverhältnisse im Innern des Flammrohrs 73 nicht oder nur unwesentlich stören.

[0107] Im Abstand von der Flammrohröffnung 121 ist ein Flammenumlenkteil 123 vorgesehen, das den Feuerraum 33 in axialer Richtung 105 begrenzt. Das Flammenumlenkteil 123 dient dazu, die aus der Flammrohröffnung 121 austretende Flamme, die nicht sichtbar zu sein braucht, um im Wesentlichen 90 Grad in Richtung der mantelförmigen Wärmetauscherfläche umzulenken. Ein kleiner Teil der Verbrennungsgase wird in den Zwischenraum zwischen Flammrohr 73 und Wärmetauscher 15 gelenkt und gelangt dann durch die Rezirkulationsöffnungen 109 in eine im Bereich der Rezirkulationsöffnungen 109 liegende Verdampfungszone rezirkuliert, der grössere Teil der Verbrennungsgase gelangt durch die schlitzartigen Durchtrittsöffnungen 31 zwischen den Wärmetauscherrohren in den Abgasraum 35 und wird dabei abgekühlt. Die Verbrennungsgase werden dann auf ihrem Weg in eine hinter dem Umlenkteil 123 liegende Ausströmkammer

125 weiter abgekühlt und gelangen von dort in eine in den Figuren nicht dargestellten Abgasauslass, an den eine Abgasleitung 126 angeschlossen ist (Fig. 15, 16).

[0108] Die Figuren 11 bis 13 zeigen verschiedene Ausführungsformen eines Brenners mit einer Luftberuhigungsvorrichtung. Diese besteht gemäss einer ersten Ausführungsform (Fig. 11) aus einem zylindrischen Siebeinsatz 129, hergestellt aus einem Lochblech, der in die Einströmkammer 103 eingebracht ist. Der Siebeinsatz 129 sorgt dafür, dass die Verbrennungsluft verteilt über dessen ganzen Umfang gleichmässig in die Einströmkammer 103 strömt.

[0109] Gemäss einer anderen Ausführungsform besteht die Luftberuhigungsvorrichtung aus einem im Wesentlichen flachen oder leicht gewölbten Siebeinsatz 130 hergestellt aus zwei übereinander angeordneten, kreisrunden und vorzugsweise gewölbten Lochblechen, die düsenartig an der Stauscheibe 81 anliegen. In der Mitte des Siebeinsatzes sind Ausnehmungen 131 für die Düse 61 vorgesehen. Der Siebeinsatz 130 dient dazu, die aus der Einströmkammer 103 strömende Luft zu beruhigen.

[0110] Die dritte Ausführungsform der Luftberuhigungsvorrichtung besteht aus einer Kombination der ersten beiden Ausführungsformen 129 und 130 (Fig. 13).

[0111] Die Ausführungsform des Brenners von Fig. 14 unterscheidet sich von den übrigen beschriebenen Ausführungsform dadurch, dass die Ionisationsektrode 117 und die Zündelektroden 115 innerhalb des Flammrohrs 73 angeordnet sind. Der Nachteil dieser Ausführungsform ist, dass die Strömungsverhältnisse in der Einströmkammer 103 wie auch im Flammrohr 73 stärker gestört werden als bei den oben beschriebenen Ausführungsformen.

[0112] Fig. 15 zeigt das Schema einer Heizungsanlage 135 mit dem erfindungsgemässen Heizkessel 11 mit Gebläse 21, einem Steuergerät 137, einer Ölzuführungseinheit 139 und einer Hydraulikeinheit 141. Das Steuergerät 137 steht mit dem Gebläse 21, der Ölzuführungseinheit 139, einer elektronischen Zündeinheit 143 und mehreren Druckfühlern 145, 147, 149 in Verbindung. Der Druckfühler 145 dient der Messung der Gebläsepressung in der Luftzuführungsleitung 151. Die anderen beiden Druckfühler 147, 149 messen resp. überwachen den Druck im Feuerraum 33. An den Druckfühlern 147, 149 sind unterschiedliche Druckschwellwerte, z.B. 1.2 mbar Überdruck und 2.0 mbar Überdruck, einstellbar, bei deren Über- oder Unterschreiten das Steuergerät 137 bestimmte Aktionen ausführt. Wird im Feuerraum ein Überdruck von 2 mbar überschritten, so ist dies ein Anzeichen für eine Verschmutzung des Wärmetauschers oder einen Widerstand in der Abgasleitung 126. Vor der Ölzuführungseinheit 139 ist eine Ölfiltereinheit 150 mit Rücklaufzuführung vorgesehen.

[0113] Die Hydraulikeinheit 141 steuert in bekannter Weise über entsprechende Leitungskreisläufe 153 die Erzeugung von Brauchwasser in einem Speicher 159.

[0114] Fig. 16 zeigt schematisch einer Heizungsanlage mit Brennwerttherme 163, bei der anstelle eines Speichers ein Durchlauferhitzer 165 vorgesehen ist, welcher der Erzeugung von warmem Brauchwasser dient. Der erfindungsgemässe Heizkessel eignet sich besonders in einer Brennwerttherme, da der Brenner innerhalb von Sekundenbruchteilen bereits mit blauer Flamme brennt, keine Brennstoffvorwärmung benötigt und der Wärmetauscher einen sehr kleinen Wasserinhalt hat. Dadurch ist es möglich, innerhalb von 60 Sekunden nach dem Starten des Brenners bereits Warmwasser von wenigstens 50 °C zu erhalten.

[0115] Fig. 17 zeigt die Druckverhältnisse im erfindungsgemässen Heizkessel näher im Detail. Gemessen wurde der Druck während des Betriebs des Brenners mit Volllast an verschiedenen Stellen innerhalb des Flammrohrs 73 mit Hilfe eines sog. Doppel-Schrägrohrmanometers. Wie aus der Graphik ersichtlich ist, beträgt der Differenzdruck bei der Stauscheibe bereits ungefähr 0.38 mbar. Dieser Differenzdruck ist ein Unterdruck, der relativ zum (globalen) Feuerraumdruck gemessen wird. Der Feuerraumdruck wird an einer Stelle ausserhalb des Flammrohrs 73 im übrigen Feuerraum, z.B. im Zwischenraum 118 zwischen dem Wärmetauscher 15 und dem Flammrohr 73 gemessen. Vorliegend beträgt der Feuerraumdruck (Überdruck relativ zum Umgebungsdruck) bei einem Brenner mit einer maximalen Leistung von 22 kW bei Volllast bei einem sauberen Wärmetauscher ungefähr 1 mbar, kann aber auch 0.3 mbar darunter oder darüber liegen.

[0116] Der Differenzdruck nimmt mit zunehmendem Abstand von der Stauscheibe 85 zunächst auf mehr als 0.5 mbar zu, um dann bis zum Flammrohrende stetig abzunehmen. Auffällig ist ein Differenzdruckmaximum zwischen 10 und 30 mm Abstand von der Stauscheibe (im Bereich von einem Zehntel bis ein Drittel der Flammrohlänge).

[0117] Im Unterschied zum erfindungsgemässen Heizkessel unterscheiden sich die Druckverhältnisse in einem vorbekannten Heizkessel signifikant, nämlich darin, dass der bei der Stauscheibe herrschende Differenzdruck (Unterdruck) lediglich maximal 0.2 mbar beträgt, der noch innerhalb des Flammrohr 73, nämlich ungefähr in der Mitte des Flammrohrs, auf null abfällt.

[0118] Die gänzlich unterschiedlichen Druckverhältnisse im erfindungsgemässen Heizkessel ermöglichen es, das Flammrohr 73 deutlich kürzer zu bauen als bei herkömmlichen Brennern, da die Druckverhältnisse eine verstärkte Rezirkulation der Heissgase aus der Flamme und der sauerstoffarmen Verbrennungsgase aus dem Feuerraum bewirken. Durch die schnelle Rotation des Luft-Brennstoffgemisches im Flammrohr ist die Verbrennung des Brennstoffs bis zum Flammenumlenkteil weitestgehend abgeschlossen, sodass keine Umlenkung der Verbrennungsgase in den Zwischenraum 118 mehr erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil dieser Druckverhältnisse äussert sich in der Stabilität der Flamme innerhalb des im Vergleich zu anderen Brennern kurzen Flammrohrs. Die überraschend grosse Stabilität der Flamme bei unterschiedlichen Gebläsepressungen erlaubt die stufenlose Regulierung der Brennerleistung über einen ausserordentlich grossen Leis-

tungsbereich. Bei dem in der Fig. 18 dargestellten bekannten Brenner hat das Flammrohr bei der Flammrohröffnung noch eine Einschnürung 169, damit die Flamme am Flammrohr 73 gut gehalten wird und stabil brennt.

[0119] Die Figuren 20 und 21 zeigen die völlig unterschiedlichen Flammenformen, die durch einen Brenner gemäss der Erfindung und einem konventionellen Blaubrenner gemäss Stand der Technik erzeugt werden. Während die Flamme 175 nach dem Austritt aus der Flammrohröffnung 121 fächerartig auseinanderläuft, ist die Flamme 177 des konventionellen Blaubrenners keilförmig und ca. dreimal so lang. Die Einschnürung an der Flammrohröffnung (in Fig. 21 nicht gezeigt, jedoch in Fig. 18) ist dabei für eine stabile Flamme von Bedeutung. Im Gegensatz dazu ist das Flammrohr 73 des erfindungsgemässen Brenners ein gerader Zylinder ohne Einschnürung.

[0120] Der erfindungsgemässe Heizkessel hat den Vorteil, dass er aus wenigen Baugruppen aufgebaut ist, nämlich einem Heizkesselgehäuse 13, einem Wärmetauscher 15, einem Brennergehäuse 19, einer Flammroereinheit 70 mit integrierter Stauscheibe 81 und Blende 85, einem Brennergehäusedeckel 45 mit eingebauter Düseneinheit 47, Zündelektroden 115 und Überwachungssensor 117, und einem Gebläse 21. Ein anderer bedeutender Vorteil gegenüber konventionellen Heizkesseln ist, dass keine mechanischen Einstellungen vorgenommen werden müssen. Für die Einstellung der optimalen Betriebsbedingungen muss lediglich der Öldrucksatz durch Justieren des Öldrucks bei der Maximalleistung und bei der Minimalleistung des Brenners eingestellt werden.

[0121] Der Verbrennungsprozess funktioniert im erfindungsgemässen Heizkessel wie folgt: Dadurch, dass die Luft durch die Luftöffnungen fächerartig eingeblasen und in schnelle Rotation versetzt, entsteht stromabwärts der Stauscheibe 57 eine rotierende Differenzdruckzone. Durch diesen Differenzdruck werden Heissgase aus der Flammwurzel und über die Rezirkulationsschlitze Verbrennungsgase aus dem Feuerraum angesaugt. Diese Heissgase mischen sich fächerartig mit der rotierenden Luftzuführung und bilden einen fächerartigen Luft-Heissgasmantel. Zwischen der Kernströmung und dem Mantel entstehen Wirbel, in denen die Medien Luft, Brennstoff und Heissgas vermischt werden.

[0122] Die Flamme beginnt in ihrem Wurzelbereich ungefähr im ersten Drittel des Flammrohrs 73. Die Flammenwurzel ist ringförmig im rotierenden Luft-Heissgasstrom mit verdampftem Brennstoff und beginnt ca. 30 mm stromabwärts nach der Blende. Durch die hohe Rotation der Flamme im Flammrohr 73 kann der Weg für die Oxidation des Brennstoffes mit dem Luftsauerstoff axial und radial drastisch verkürzt werden, so dass die aus dem Flammrohr rotierend austretende Flamme nach dem Auftreffen auf dem Umlenkteil um 90° umgelenkt wird und dabei bereits so weit oxidiert ist, dass die geforderten Emissionswerte erreicht sind, bevor die heissen Verbrennungsgase durch die schlitzartigen Durchtrittsöffnungen im Wärmetauscher geleitet werden.

[0123] Beispiele für die Dimensionierung des Flammrohres von Brennern unterschiedlicher Leistung:

Max. Brennerleistung [kW]	22	22	16
Flammrohrdurchmesser [mm]	90	80	70
Flammrohrlänge [mm]	110	110	80

Legende:

[0124]

11	Heizkessel
13	Kesselgehäuse
15	Wärmetauscher
17	Brennereinheit
19	Brennergehäuse
21	Gebläse
23	Gehäusemantel
27	Gehäuseboden
29	Keramikring
31	Durchtrittsöffnungen des Wärmetauschers
33	Feuerraum
35	Abgasraum

CH 718 928 A1

40	Stirnseitiger Flansch des Kesselgehäuses
41	Ringförmige Nut
43	Dichtung
44	Zylindrischer Stutzen
45	Brennergehäusedeckel
47	Düsenkörper
51	Düsenkörperkopf
53	Seitliche Gewindebohrung
55	Schnellkupplung
57	Düsenkörperschaft
59	stirnseitigen Gewindebohrung
61	Düse
63	Verbindungskanal
65	Durchgangslöcher
67	Befestigungsschrauben
69	Rohrstutzen
70	Flammrohreinheit
71	Flansch des Rohrstutzens
72	Brennerrohr
73	Flammrohr
75	Bördelrand
77	Ringabsatz des Brennergehäuses
79	Schrauben
81	Stauscheibe
83	Zentrale Öffnung der Stauscheibe
85	Blende
87	Leitflügel
89	Steg
91	Achse
93	Radial innenliegende Trapezkanten
95	Radial aussen liegende Kanten
97, 99	Trapezdiagonalen
101	Ausnehmungen
103	Einströmkammer
105	Brennerachse

107	Flammrohrmantel
109	Rezirkulationsschlitze
111	Durchführungen für Zündelektroden
113	Durchführung für Überwachungssensor
115	Zündelektroden
117	Überwachungssensor
119	Öffnung im Flammrohrmantel
121	Flammrohröffnung
123	Flammenumlenkteil
125	Ausströmkammer
126	Abgasleitung
129	Zylindrischer Siebeinsatz
130	Flacher oder gewölbter Siebeinsatz
131	Ausnehmungen im Siebeinsatz
135	Heizungsanlage
137	Ölzuführungseinheit
139	Brenner-Kesselmanager
141	Hydraulikeinheit
145	Druckfühler für Feuerraumdruckmessung
147	Druckfühler für Messung der Gebläsepression
149	Druckfühler für Feuerraumdruckmessung
150	Ölfiltereinheit
151	Luftzuführungsleitung
153	Leitungskreislauf Heizkessel
155	Leitungskreislauf Brauchwasser
157	Leitungskreislauf Heizwasser
159	Speicher
163	Brennwerttherme
165	Durchlauferhitzer
169	Einschnürung
175	Flamme gemäss Erfindung
177	Flamme eines bekannten Brenners

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbrennen eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs in einem Heizkessel (11), insbesondere eines Brennwert-Heizkessels und einer Brennwert-Therme, mittels eines Blaubrenners umfassend

- ein Kesselgehäuse (13) mit
- einem Einlass für Verbrennungsluft oder vorgemischtes Gas mit Verbrennungsluft und
- einen Auslass für die Verbrennungsgase
- einen im Kesselgehäuse (13) angeordneten zylinderförmigen Wärmetauscher (15), vorzugsweise mit
- vorzugsweise schlitzzartigen Durchtrittsöffnungen (31) für die Verbrennungsgase, sodass zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher (15) ein mantelförmiger Zwischenraum definiert ist,
- ein Flammrohr, das im zylinderförmigen Wärmetauscher (15) angeordnet ist,
- eine im Flammrohr (73) angeordnete Stauscheibe (81) mit Blende (85), durch welche die Zuführung der Verbrennungsluft in das Flammrohr (73) erfolgt, und
- einer Düseneinheit (47) mit einer Düse (61) für den Brennstoff, sowie
- ein Flammenumlenkteil (123), welches in axialem Abstand zum Flammrohr (73) angeordnet ist, wobei der Raum im Flammrohr, sowie zwischen Flammrohr (73), Umlenkteil (123) und Wärmetauscher (15), einen Feuerraum (33) definiert,

mit folgenden Verfahrensschritten:

- gleichzeitiges kontrolliertes Zuführen von Verbrennungsluft und Brennstoff in das Flammrohr (73),
- Zerstäuben und Verdampfen des Brennstoffs mit rezirkulierten, heißen Gasen und Vermischen des verdampften Brennstoffs mit der zugeführten Verbrennungsluft zu einem Brennstoff-Luft-Gasgemisch,
- Zünden des Brennstoff-Luft-Gasgemisches und
- kontinuierliches Verbrennen des Brennstoff-Luft-Gasgemisches während der Verweilzeit im Feuerraum, solange gleichzeitig Verbrennungsluft und Brennstoff in das Flammrohr (73) zugeführt werden, wobei die Verbrennungsluft in einem Winkel in das Flammrohr (73) geleitet und in Rotation versetzt wird und ein Teil des heißen, sauerstoffarmen Heissgase-Brennstoff-Luft-Gemischs rezirkuliert wird, und
- Umlenken der Verbrennungsgase im Abstand von der Flammrohröffnung, und
- Durchleiten der Verbrennungsgase durch die Durchtrittsöffnungen (31) eines Wärmetauschers (15),

dadurch gekennzeichnet,

dass stromabwärts der Blende (85) bei Volllast des Brenners eine Differenzdruckzone mit einem Differenzdruck von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher (15) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsluft derart in das Flammrohr (73) geleitet wird, dass bei Volllast des Brenners die Differenzdruckzone im Abstand von der Stauscheibe (81) ein Maximum beschreibt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Einstellung der gewünschten Brennerleistung in der Differenzdruckzone ein Differenzdruck zwischen 0.01 und ungefähr 0.5 mbar erzeugt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennstoff-Luft-Gemisch in einem Winkel in das Flammrohr (73) geleitet wird derart, dass eine kurze buschige Flammenform erzeugt wird, sodass bis zur Umlenkung der Verbrennungsgase am Flammenumlenkteil (123) der Ausbrand zu mindestens 90 %, vorzugsweise mindestens 95 % und besonders bevorzugt zu mindestens 99.95 % erfolgt ist.
5. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff ca. 5mm bis ca. 30mm nach dem Austritt aus der Düse (61) in einer heißen, sauerstoffarmen Verdampfungs- und Vermischungszone verdampft wird.
6. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sauerstoffarme Verbrennungsgase aus dem das Flammrohr (73) umgebenden Feuerraum in die Verdampfungs- und Vermischungszone, die sich ca. 5 mm bis ca. 30 mm entfernt von der Düse (61) befindet, rezirkuliert werden.
7. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** unmittelbar nach dem Zünden der Flamme heiße sauerstoffarme Heissgase aus der Flammwurzel abgesaugt werden, so dass die eingespritzten Brennstoff-Aerosolteilchen sofort verdampfen und sich anschliessend mit der Verbrennungsluft zu einem homogenen Brennstoff-Luft-Gasgemisch mit heißen sauerstoffarmen Verbrennungsgasen vermischen.
8. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistung mindestens einstufig, zweistufig, vorzugsweise dreistufig und besonders bevorzugt stufenlos dem Wärmebedarf angepasst wird.
9. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistung des Brenners durch Variation des Gebläsedrucks zwischen ungefähr 25% und 100% der Volllast eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennstoff-Luft-Gasgemisch im Abstand von der Düse (61) gezündet wird.
11. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennstoff-Luft-Gasgemisch in einem axialen Abstand zwischen 20 und 90 mm, vorzugsweise 25 bis 70 mm und besonders bevorzugt 30 bis 60 mm von der Düse (61) gezündet wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Rotation der Heissgase deren Verweilzeit im Feuerraum (33) verlängert wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsgase durch das Flammenumlenkteil (123) um mindestens 90 Grad umgelenkt werden.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsgase teilweise in den Zwischenraum zwischen Flammrohr (73) und Wärmetauscher (15) umgelenkt werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heissgase der Flamme teilweise zur Flammwurzel rezirkuliert werden.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flamme nach längstens drei Sekunden, vorzugsweise nach weniger als zwei Sekunden und besonders bevorzugt nach weniger als einer Sekunde blau brennt.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feuerraumbelastung bei Volllast mindestens 2 MW/m³, vorzugsweise mindestens 2,5 MW/m³ und besonders bevorzugt mindestens 3 MW/m³ beträgt.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Blaubrenner mit der Russzahl null brennt.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Gebläsepressung von mind. 4 mbar bis max. ungefähr 28 mbar, vorzugsweise mehr als 5 mbar und besonders bevorzugt mehr als 6 mbar erzeugt wird.
20. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennerleistung über den Gebläse- und den Öldruck geregelt wird.
21. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein drehzahlgeregeltes Gebläse (21) verwendet wird, das Drehzahlen vorzugsweise im Bereich zwischen ungefähr 3'500 bis 10'000 U/min einzustellen erlaubt.
22. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Feuerraum (33) mit einer Gebläsepressung von 5 mbar bei Kleinlast und bis ungefähr 28 mbar bei Volllast beim Eintritt in das Flammrohr (73) ein hoher Differenzdruck erzeugt wird.
23. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsqualität über einen Sensor (117) erfasst wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Sensor (117) entweder ein CO-Sensor oder eine Lambda-Sonde verwendet wird.
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flamme mit Hilfe einer Ionisationselektrode (117) überwacht wird.
26. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner mit einer Brennersicherheitsüberwachung überwacht wird.
27. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Flammrohr (73) Rezirkulationsschlitz (109) radial im Bereich der Verdampfungs- und Vermischungszone vorgesehen sind.
28. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Restsauerstoffanteil von 3% in den Verbrennungsgasen die zur Zeit strengsten Normen, nämlich CO max. 60 mg/kWh, CxHy max. 10 ppm und NOx max. 120 mg/kWh erfüllt werden.
29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Verbrennungsgasen der CO-Anteil < 60 mg/m³ und vorzugsweise < 30 mg/m³ und der NOx-Anteil <120 mg/m³ und vorzugsweise < 70 mg/m³ ist.
30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner je nach gewünschter Leistung auf weniger als 60%, vorzugsweise weniger als 50% und besonders bevorzugt weniger als 40% seiner Maximalleistung geregelt wird.
31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit einstufig oder zweistufig verwendet werden kann.
32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit mit Elektronik und PWM Signal mit dem PWM Signal der Elektronik vom Gebläsemotor gekoppelt wird.
33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektroden für die Zündung des Brennstoff-Luft-Gas-Gemischs seitlich durch eine seitliche Öffnung (119) (im Flammrohr) erfolgt.
34. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektroden für die Zündung seitlich durch eine Öffnung (119) im Flammrohr (73) erfolgt, im Abstand stromabwärts von der Blende von vorzugsweise ca. 50 mm.

35. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Feuerraum (33) ausserhalb des Flammrohrs (73) bei Volllast des Brenners ein Überdruck von ca. 1 mbar eingestellt wird.
36. Heizkessel (11), insbesondere Brennwert-Heizkessel oder Brennwerttherme mit einem Blaubrenner, umfassend
- ein Kesselgehäuse (13) mit
 - einem Einlass für Verbrennungsluft,
 - einen Auslass für die Verbrennungsgase
 - einen im Kesselgehäuse (13) angeordneten zylinderförmigen Wärmetauscher (15) mit,
 - vorzugsweise schlitzzartigen Durchtrittsöffnungen (31) für die Verbrennungsgase, sodass zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher (15) ein mantelförmiger Zwischenraum definiert ist,
 - ein Flammrohr, das im zylinderförmigen Wärmetauscher (15) angeordnet ist,
 - eine im Flammrohr (73) angeordnete Stauscheibe (81) mit Blende, durch welche die Zuführung der Verbrennungsluft in das Flammrohr (73) erfolgt, und
 - einer Düseneinheit (47) mit einer Düse, insbesondere für die Zerstäubung des Brennstoffs, sowie
 - ein Flammenumlenkteil (123), welches in axialem Abstand zum Flammrohr (73) angeordnet ist, wobei der Raum im Flammrohr, sowie der Raum zwischen Flammrohr (73) und Umlenkteil, einen Feuerraum (33) definiert, und
 - ein an das Kesselgehäuse (13) angeschlossene Gebläse (21) zur Erzeugung einer Gebläsepressung,
- dadurch gekennzeichnet,**
dass der Lufteinlass in das Flammrohr (73) derart ausgebildet ist, dass bei Volllast des Brenners eine Differenzdruckzone mit einem Differenzdruck von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum (33) zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher (15) erzeugbar ist.
37. Heizkessel nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blende (85) eine Mehrzahl von in einem Winkel abstehenden Leitflügeln (87) aufweist dergestalt, dass im Betrieb des Brenners bei Volllast eine Differenzdruckzone von mindestens 0.25 mbar, vorzugsweise mindestens 0.30 und besonders bevorzugt von mindestens 0.35 mbar gegenüber dem Druck im Feuerraum (33) zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher (15) erzeugbar ist.
38. Heizkessel nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitflügel (87) als Leitschaukeln ausgebildet sind.
39. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blende (85) eine Scheibe mit einer zentralen Öffnung ist, wobei um die zentrale Öffnung herum die Leitflügel (87) angeordnet sind, die mittels eines Stegs (89) mit der Scheibe verbunden sind.
40. Heizkessel nach Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stegbreite a der Leitflügel (87) im Verhältnis zum Durchmesser d der Blende (85) kleiner als ungefähr 10, vorzugsweise kleiner als 8 und besonders bevorzugt kleiner als 6 ist.
41. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blende (85) wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens fünf und besonders bevorzugt wenigstens sieben in einem Kreis und vorzugsweise in regelmässigen Abständen voneinander angeordnete Leitflügel (87) aufweist.
42. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flammenumlenkteil (123) eine Platte aus einem keramischen Material ist.
43. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vom Gebläse (21) erzeugbare Gebläsepressdruck vor der Stauscheibe zwischen ungefähr 4 mbar bei Kleinlast und bis zu ungefähr 28 mbar bei Volllast einstellbar ist.
44. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flammrohrlänge bei einer maximalen Brennerleistung von 22 kW < 150 mm, vorzugsweise kleiner als 140 mm und besonders bevorzugt kleiner als 130 mm ist.
45. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Flammrohrdurchmesser von 90 mm die Rezirkulationsöffnungen eine Fläche zwischen ungefähr 130 mm² und 1030 mm², vorzugsweise zwischen 300 mm² und 800 mm² und besonders bevorzugt zwischen 500 mm² und 700 mm² einnehmen.
46. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Flammrohrdurchmesser von 80 mm die Rezirkulationsöffnungen eine Fläche zwischen ungefähr 100 mm² und 900 mm², vorzugsweise zwischen 300 mm² und 750 mm² und besonders bevorzugt zwischen 450 mm² und 650 mm² einnehmen.
47. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Flammrohrdurchmesser von 70 mm die Rezirkulationsöffnungen (109) eine Fläche zwischen ungefähr 100 mm² und 800 mm², vorzugsweise zwischen 300 mm² und 750 mm² und besonders bevorzugt zwischen 450 mm² und 550 mm² einnehmen.
48. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein das Kesselgehäuse (13) auf der einen Seite verschliessendes Brennergehäuse (19) vorgesehen ist, an welchem das Flammrohr (73) und die Düseneinheit (47) angeordnet und der Einlass für Verbrennungsluft vorgesehen sind.

49. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennergehäuse (19) mit einem lösbaren Brennergehäusedeckel (45) verschlossen ist, in welchem die Düseneinheit (47) angeordnet ist.
50. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Brennergehäuse (19) eine Einströmkammer (103) für die Verbrennungsluft definiert.
51. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düseneinheit (47) einen Düsenkörper mit einem ausserhalb des Brennergehäuses (19) liegenden Düsenkörperkopf (51) und einem in der Einströmkammer (103) sich erstreckenden, die Düse (61) aufnehmenden Düsenkörperschaft (57) umfasst.
52. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens der Düsenkörperschaft (57), vorzugsweise die ganze Düseneinheit (47), aus einem thermisch gut leitbaren Material, z.B. Messing oder Aluminium, hergestellt ist.
53. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Düse (61) eine Zerstäuberdüse mit ungefähr 80° Vollkegel oder Hohlkegel eingesetzt ist.
54. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsenaustrittsöffnung ungefähr 0.0 bis 2.0 mm in Strömungsrichtung nach der Blende, angeordnet ist.
55. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsenaustrittsöffnung ungefähr 0.0 bis 2.5 mm in Strömungsrichtung vor der Blende, angeordnet ist.
56. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Beruhigung der Verbrennungsluft in Strömungsrichtung vor der Blende (85) mindestens ein Siebeinsatz (129, 130), vorzugsweise ein Lochblech mit einem Lochdurchmesser zwischen 1 und 3 mm, vorgesehen ist.
57. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Überwachung des Brenners ein Gas-Brennerautomat mit der Sicherheitszeit entsprechend der Normen für Gas verwendbar ist.
58. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Verhältnis der Gebläsepression vor der Blende (85) und dem Differenzdruck im Flammrohr (73) entsprechend der eingestellten Leistung automatisch einstellt.
59. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizkessel ein Steuergerät (139) und regelbare, mit dem Steuergerät verbundene Ventile für die Steuerung der Luft- und Brennstoffmenge aufweist.
60. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät (139) so ausgebildet ist, dass die Steuerung der Luft- und Brennstoffmenge abhängig voneinander erfolgt.
61. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistung des Brenners bis zum Regelverhältnis von 1:4 durch Regelung der Gebläsepression einstellbar ist.
62. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizkessel einen Druckerzeuger zur Regelung des Öldrucks umfasst, wobei der Öldruck vorzugsweise in einem Bereich zwischen 3bar und 28bar regelbar ist.
63. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von Flammrohrlänge zu Flammrohrdurchmesser zwischen 1,5 und 0,8 und vorzugsweise zwischen 1,3 und 0,9 und besonders bevorzugt zwischen 1,2 und 0,95 liegt.
64. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flammenumlenkteil (123) wassergekühlt ist.
65. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (21); insbesondere Hochdruckgebläse, ausgebildet ist, um im Zwischenraum zwischen Flammrohr (73) und Wärmetauscher (15) einen Druck von mehr als 0.2 mbar, vorzugsweise mehr als 0.3 mbar und besonders bevorzugt mehr als 0.4 mbar zu erzeugen.
66. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gebläse (21) Drehzahlen von ungefähr 3'500 U/Min. bis ungefähr 10'000 U/Min. ermöglicht.
67. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner sich sowohl für schwefelreduzierte Brennstoffe mit einem Schwefelgehalt $S < 300$ mg/kg, schwefelarme Brennstoffe mit $S < 80$ mg/kg, vorzugsweise < 10 mg/kg und insbesondere für flüssige synthetische Kraftstoffe, insbesondere erneuerbare BTL-Kraftstoffe (biomass to liquid = BTL) und E-Fuels verwendbar ist.
68. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Überwachung des Brenners ein oder mehrere Sensoren, insbesondere Ionisationselektroden, lichtempfindliche Sensoren, CO-Sensoren, Drucksensoren und/oder Lambda-Sonden, vorgesehen sind.
69. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ölpumpe (137) eine Einheit mit dem Permanentmagnetmotor bildet.

70. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit einstufig, zweistufig oder modulierend verwendbar ist.
71. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnetmotor-Ölpumpeneinheit mit Elektronik und PWM Signal mit dem PWM Signal der Elektronik vom Gebläsemotor koppelbar ist.
72. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektroden (115) für die Zündung des Brennstoff-Luft-Gas-Gemischs seitlich durch eine Öffnung (119) im Flammrohr (73) geführt sind.
73. Heizkessel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flammrohr (73) ein gerader Zylinder ohne endständige Einschnürung (169) ist.
74. Heizkessel nach Anspruch 67, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündelektroden in einem Abstand stromabwärts der Luftblende (85) zwischen 40 und 55mm, vorzugsweise ungefähr 50 mm, durch eine Öffnung (119) im Flammrohrmantel geführt sind.
75. Brennwert-Therme mit einem Heizkessel nach einem der Ansprüche 36 bis 74, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wasserinhalt des Wärmetauschers (15) bei einer maximalen Leistung von 22 kW weniger als sieben Liter, vorzugsweise zwischen 2,8 und 6 Liter und besonders bevorzugt zwischen ungefähr 4,5 und 5,5 Liter beträgt.
76. Heizkessel, insbesondere Brennwert-Heizkessel oder Brennwerttherme mit einem Blaubrenner, umfassend
 - ein Kesselgehäuse (13) mit
 - einem Einlass für Verbrennungsluft,
 - einen Auslass für die Verbrennungsgase
 - einen im Kesselgehäuse (13) angeordneten zylinderförmigen Wärmetauscher mit,
 - vorzugsweise schlitzzartigen Durchtrittsöffnungen (31) für die Verbrennungsgase, sodass zwischen dem Flammrohr (73) und dem Wärmetauscher ein mantelförmiger Zwischenraum definiert ist,
 - ein Flammrohr, das im zylinderförmigen Wärmetauscher angeordnet ist,
 - eine im Flammrohr (73) angeordnete Stauscheibe (81) mit Blende, durch welche die Zuführung der Verbrennungsluft in das Flammrohr (73) erfolgt, und
 - einer Düseneinheit (47) mit einer Düse, insbesondere für die Zerstäubung des Brennstoffs, sowie
 - ein Flammenumlenkteil (123), welches in axialem Abstand zum Flammrohr (73) angeordnet ist, wobei der Raum im Flammrohr, sowie der Raum zwischen Flammrohr (73) und Umlenkteil, einen Feuerraum (33) definiert, und
 - ein an das Kesselgehäuse (13) angeschlossene Gebläse (21) zur Erzeugung einer Gebläsepressung,**dadurch gekennzeichnet,**
dass im Flammrohrmantel eine Öffnung (119) für die Durchführung der Zündelektroden vorgesehen ist.
77. Heizkessel nach Anspruch 76 und einem der Ansprüche 37 bis 75.
78. Heizkessel, insbesondere Brennwert-Heizkessel oder Brennwerttherme mit einem Blaubrenner, umfassend
 - ein Kesselgehäuse (13) mit
 - einem Einlass für Verbrennungsluft,
 - einen Auslass für die Verbrennungsgase
 - einen im Kesselgehäuse (13) angeordneten zylinderförmigen Wärmetauscher mit,
 - vorzugsweise schlitzzartigen Durchtrittsöffnungen (31) für die Verbrennungsgase, und
 - einer Düseneinheit (47) mit einer Düse, insbesondere für die Zerstäubung des Brennstoffs, sowie
 - ein Flammenumlenkteil (123), welches in axialem Abstand zum Flammrohr (73) angeordnet ist, wobei der Raum im Flammrohr, sowie der Raum zwischen Flammrohr (73) und Umlenkteil, einen Feuerraum (33) definiert, und
 - ein an das Kesselgehäuse (13) angeschlossene Gebläse (21) zur Erzeugung einer Gebläsepressung,**dadurch gekennzeichnet,**
dass ein eine Einströmkammer definierendes Brennergehäuse (19) vorgesehen ist, in welchem zur Luftberuhigung ein Siebeinsatz vorgesehen ist.
79. Heizkessel nach Anspruch 78 und einem der Ansprüche 37 bis 75.
80. Heizkessel nach einem der vorgehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher aus korrosionsbeständigem Werkstoff, insbesondere aus dem Werkstoff 1.4539 oder 1.4571 oder 1.4509 hergestellt ist.

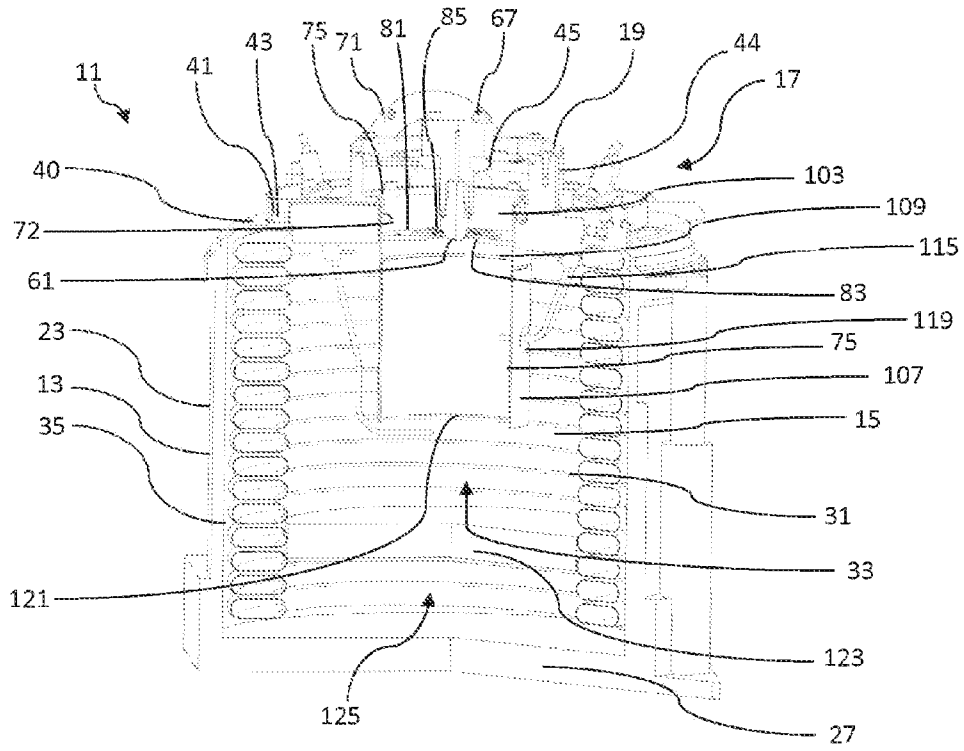


Fig. 1

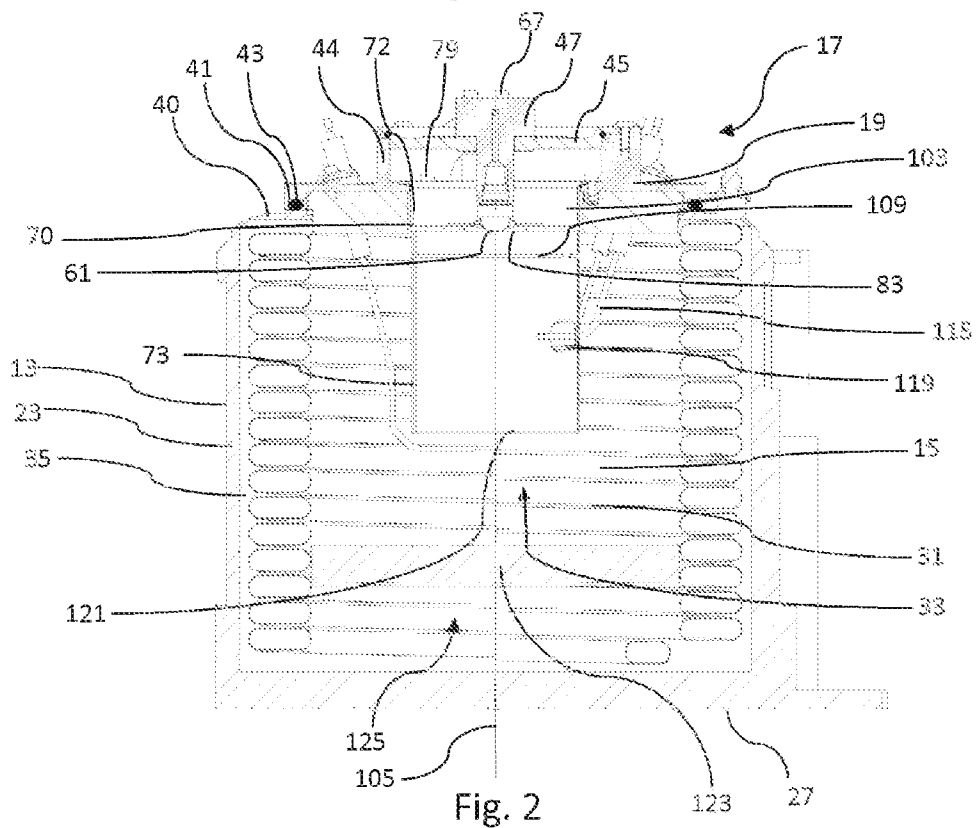


Fig. 2

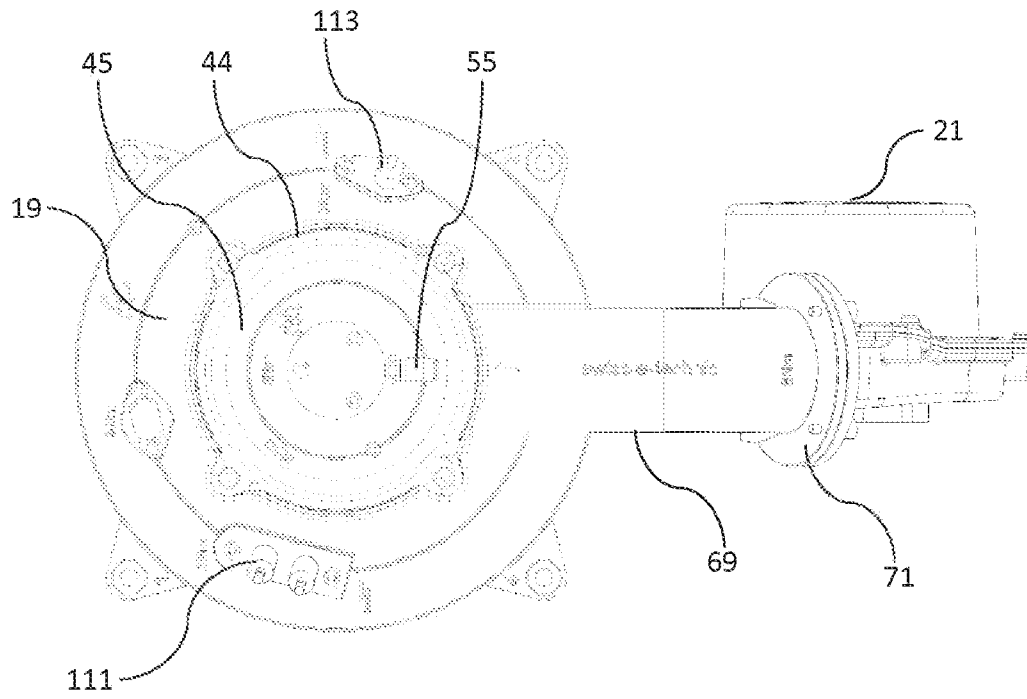


Fig. 3

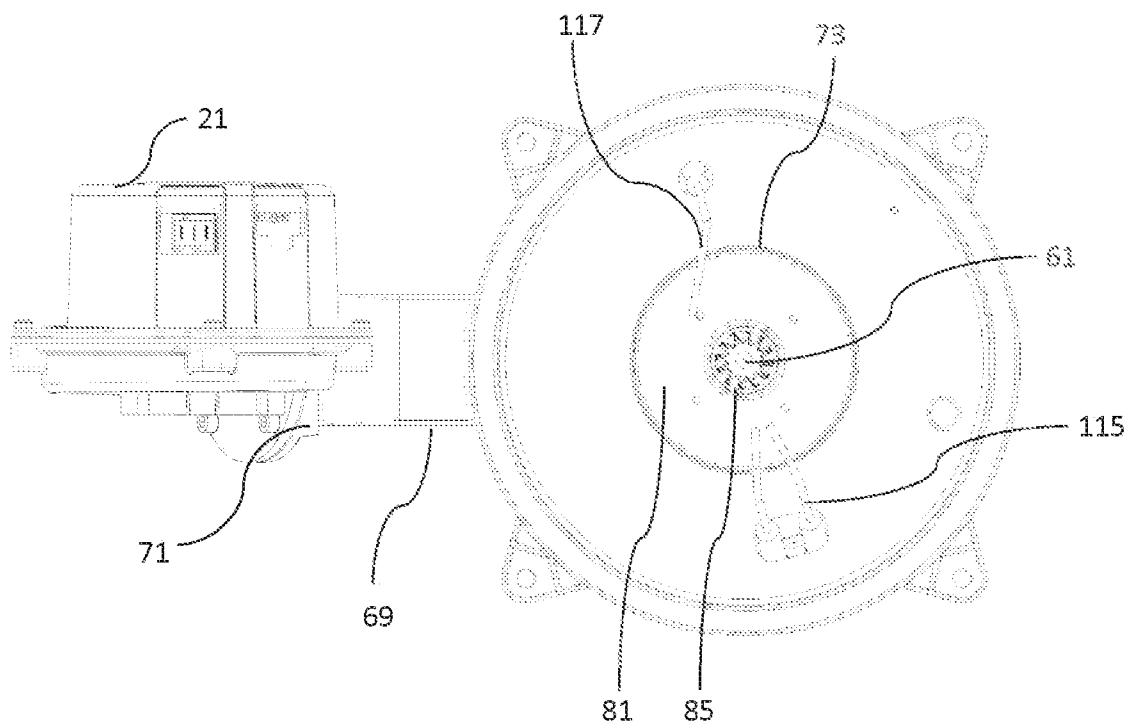


Fig. 4

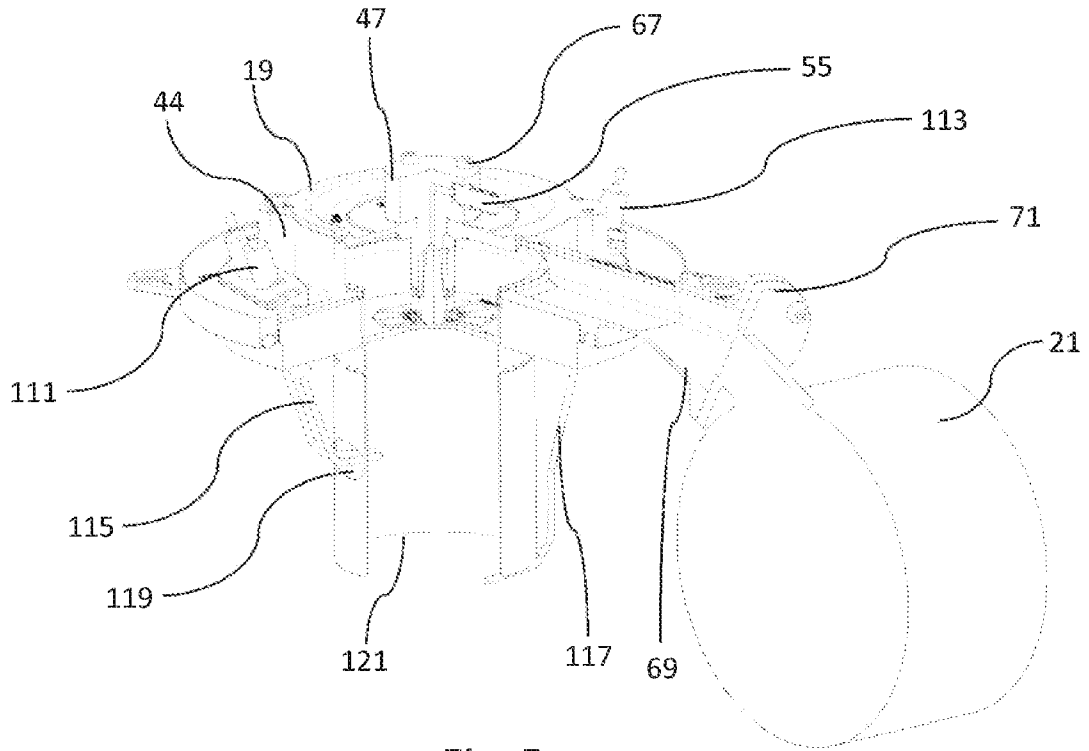


Fig. 5

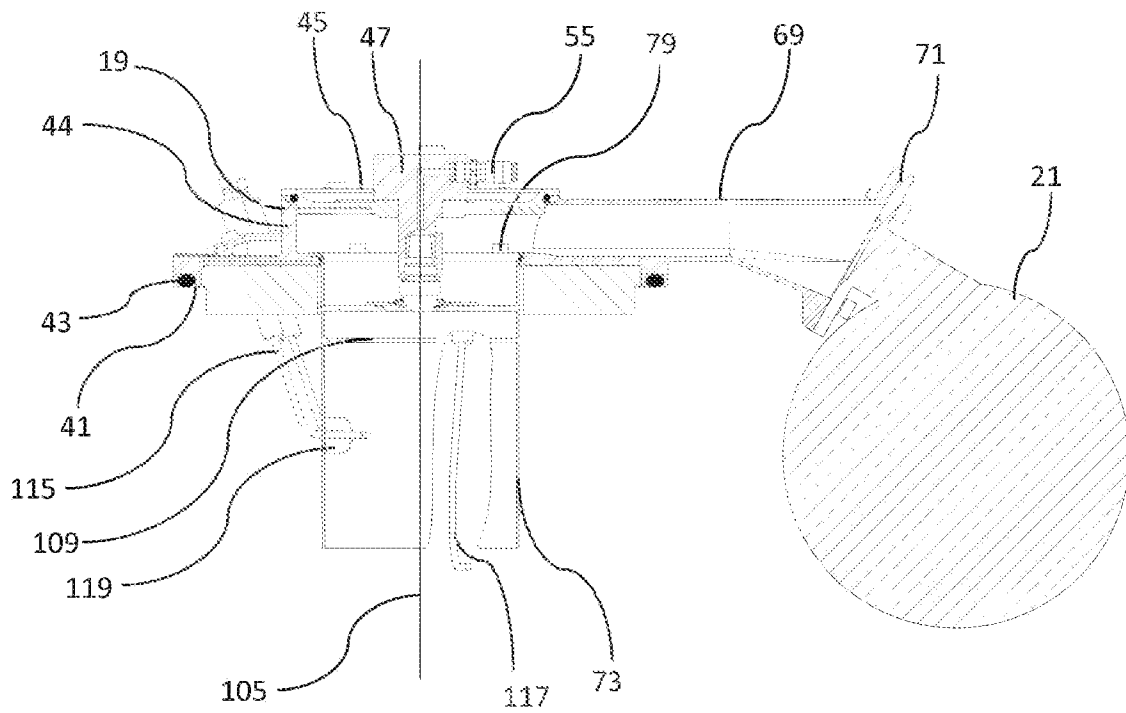


Fig. 6

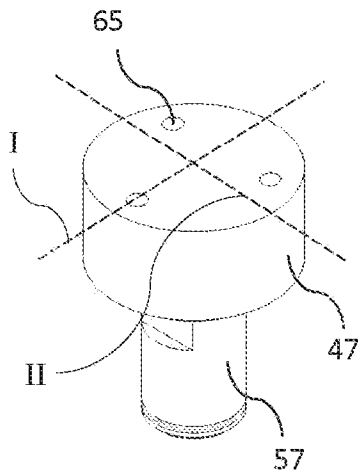


Fig. 7

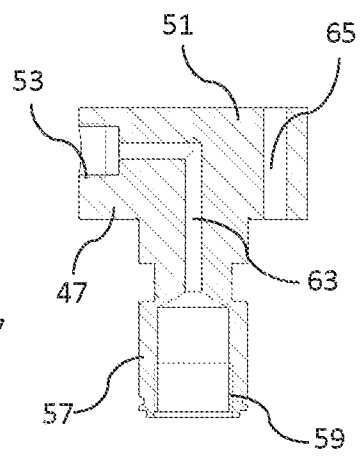


Fig. 8a

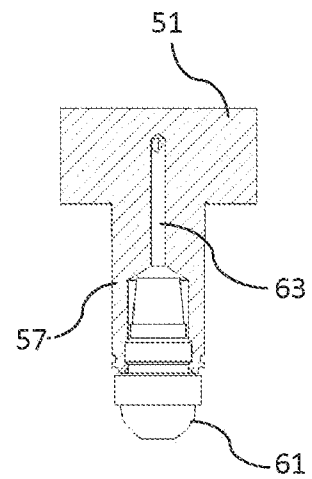


Fig. 8b

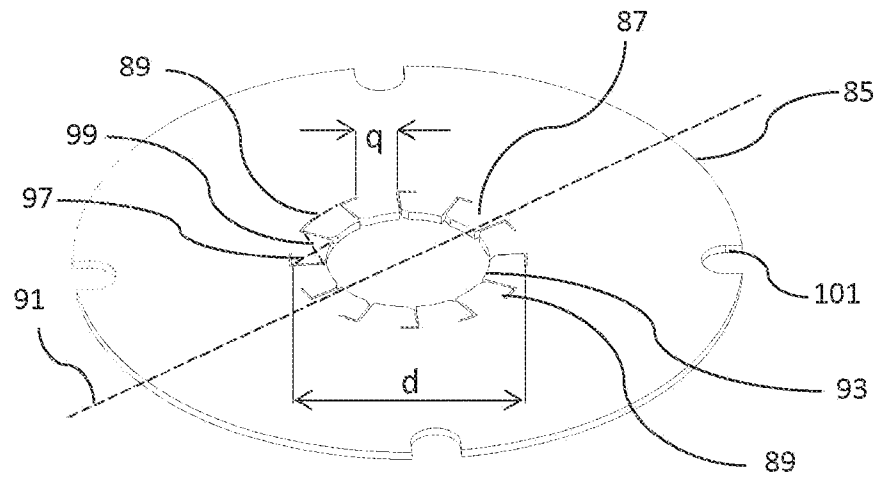


Fig. 9

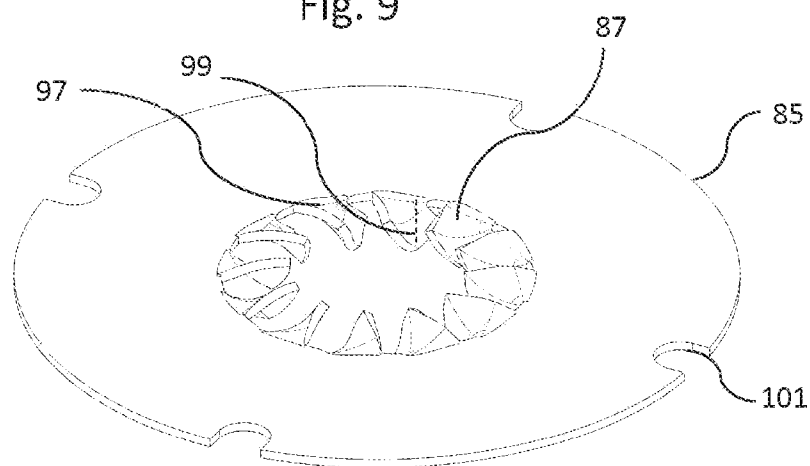


Fig. 10

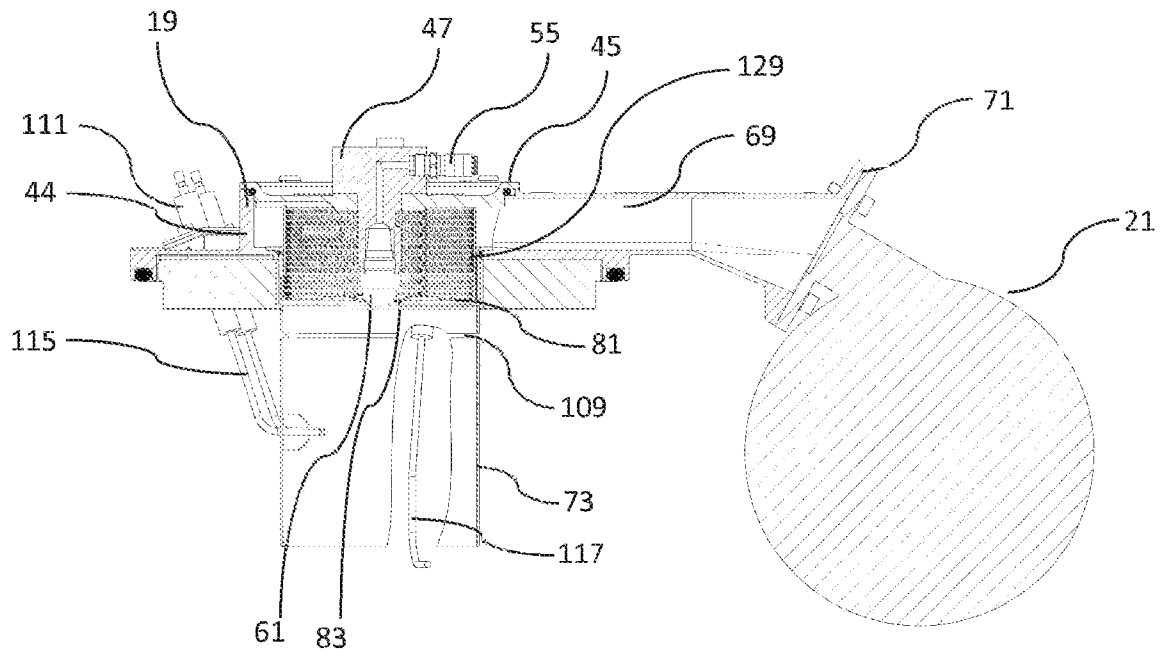


Fig. 11

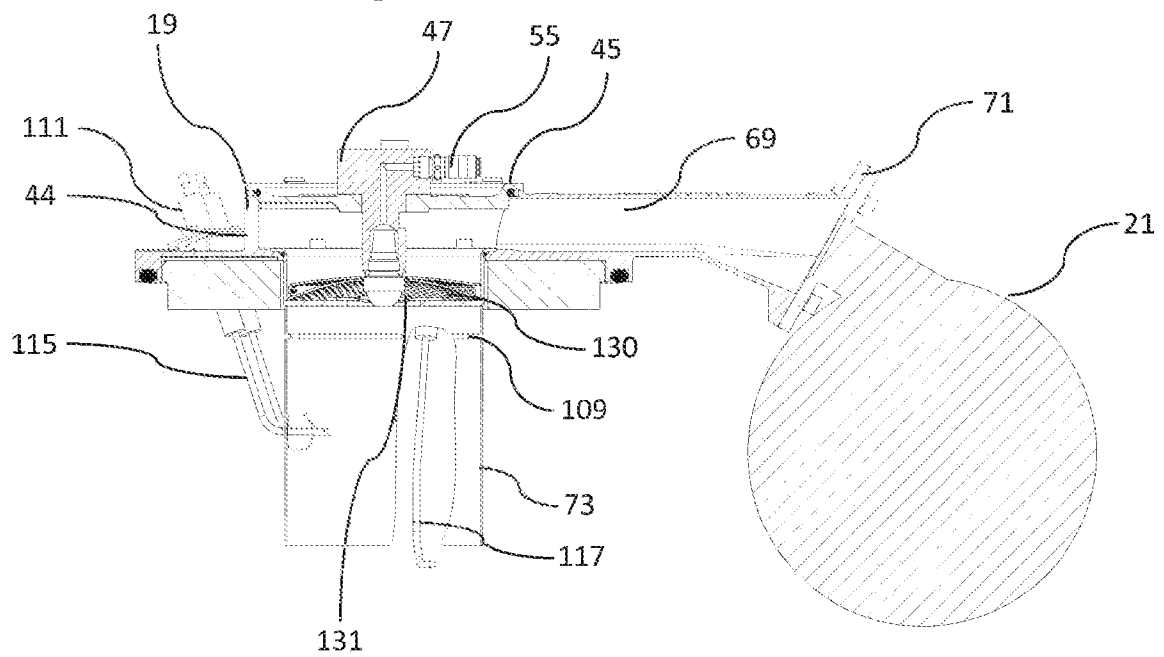


Fig. 12

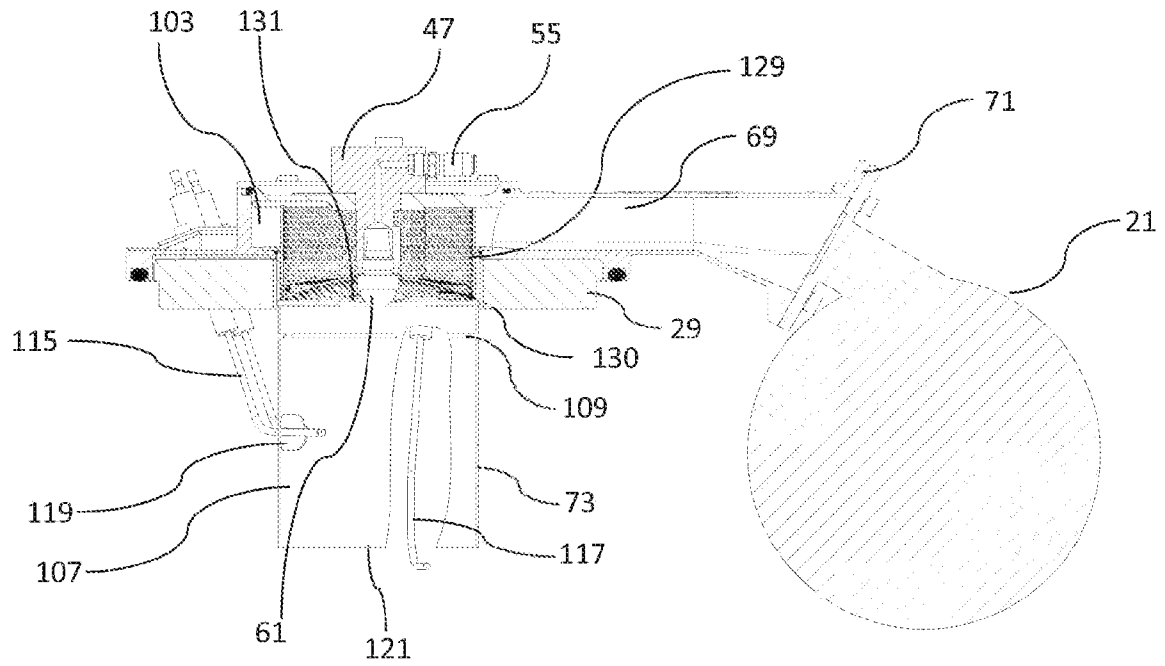


Fig. 13

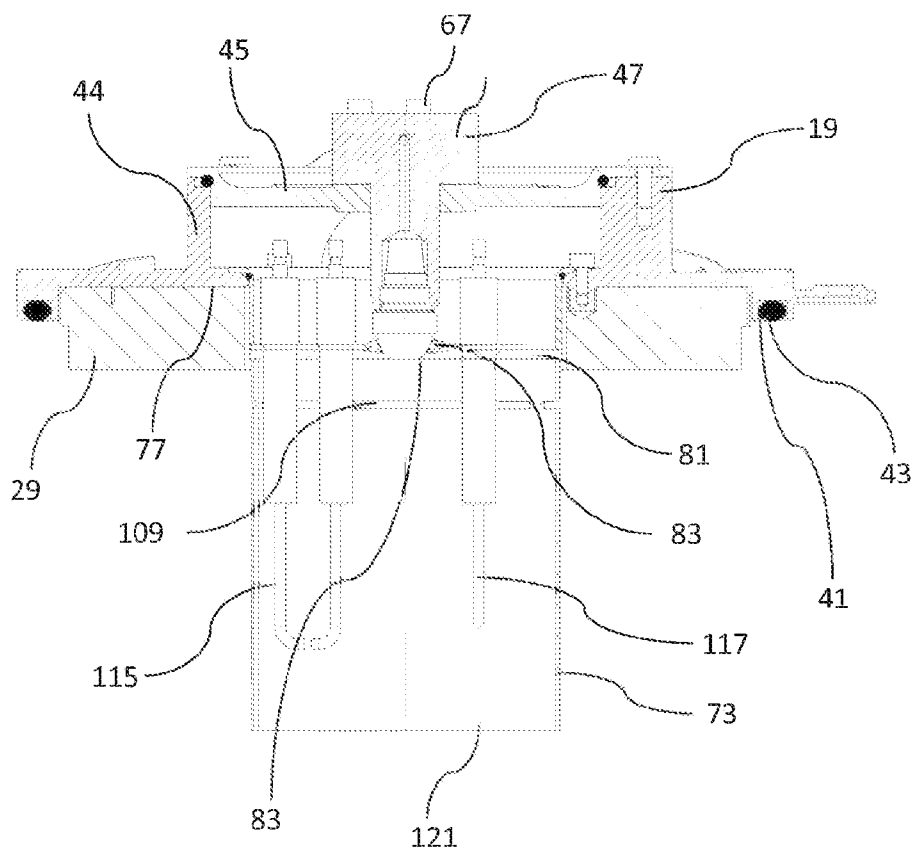


Fig. 14

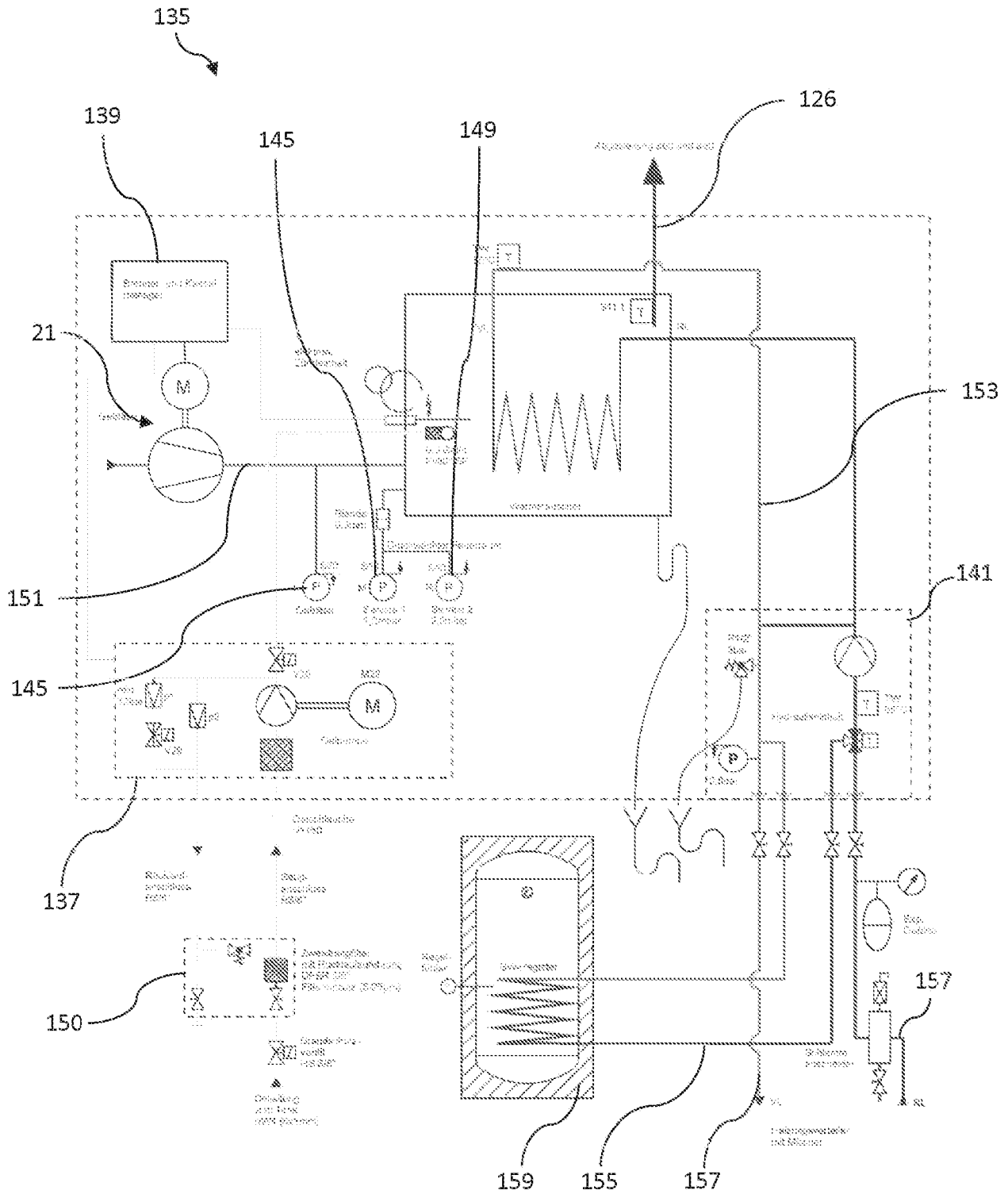


Fig. 15

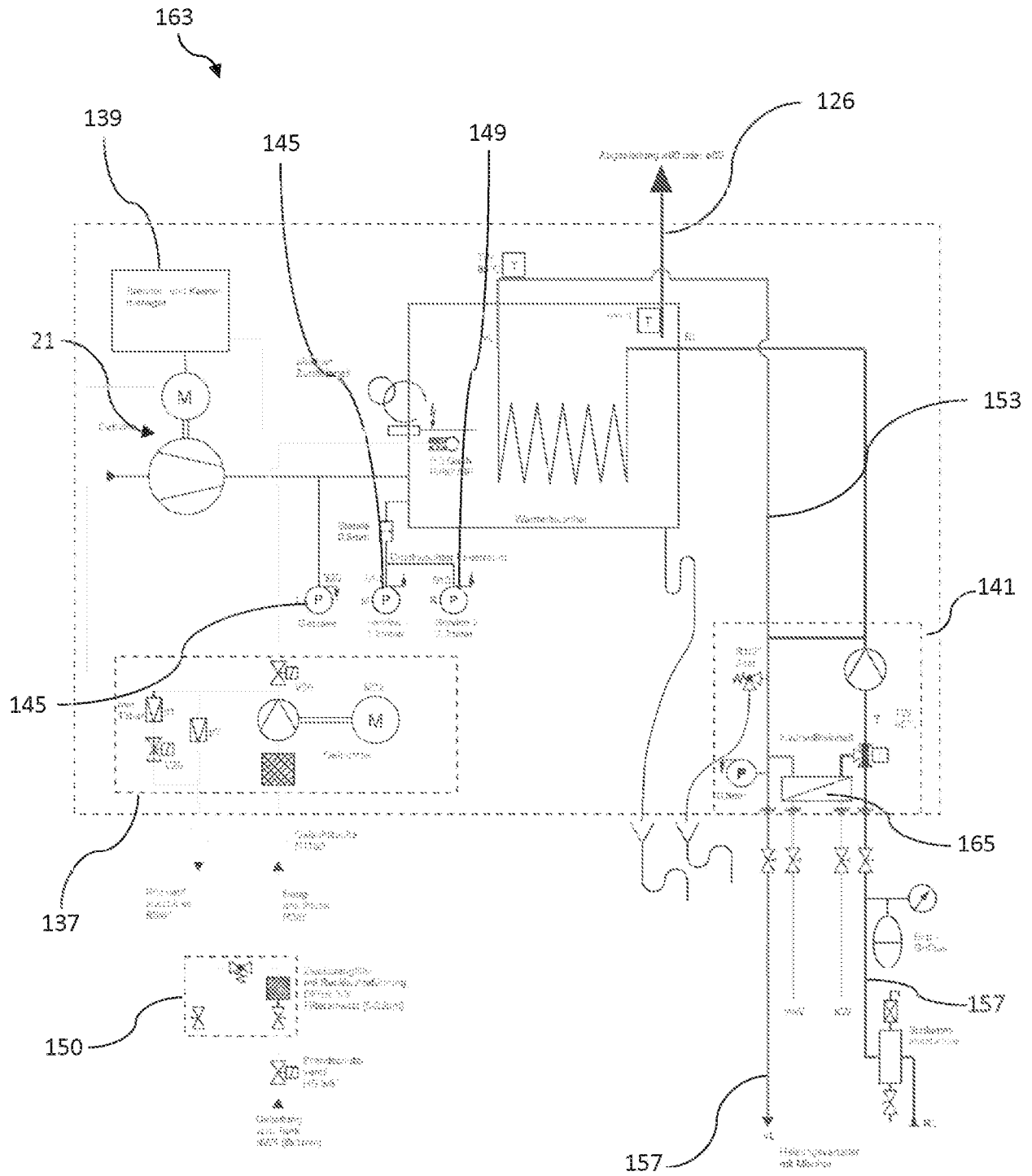


Fig. 16

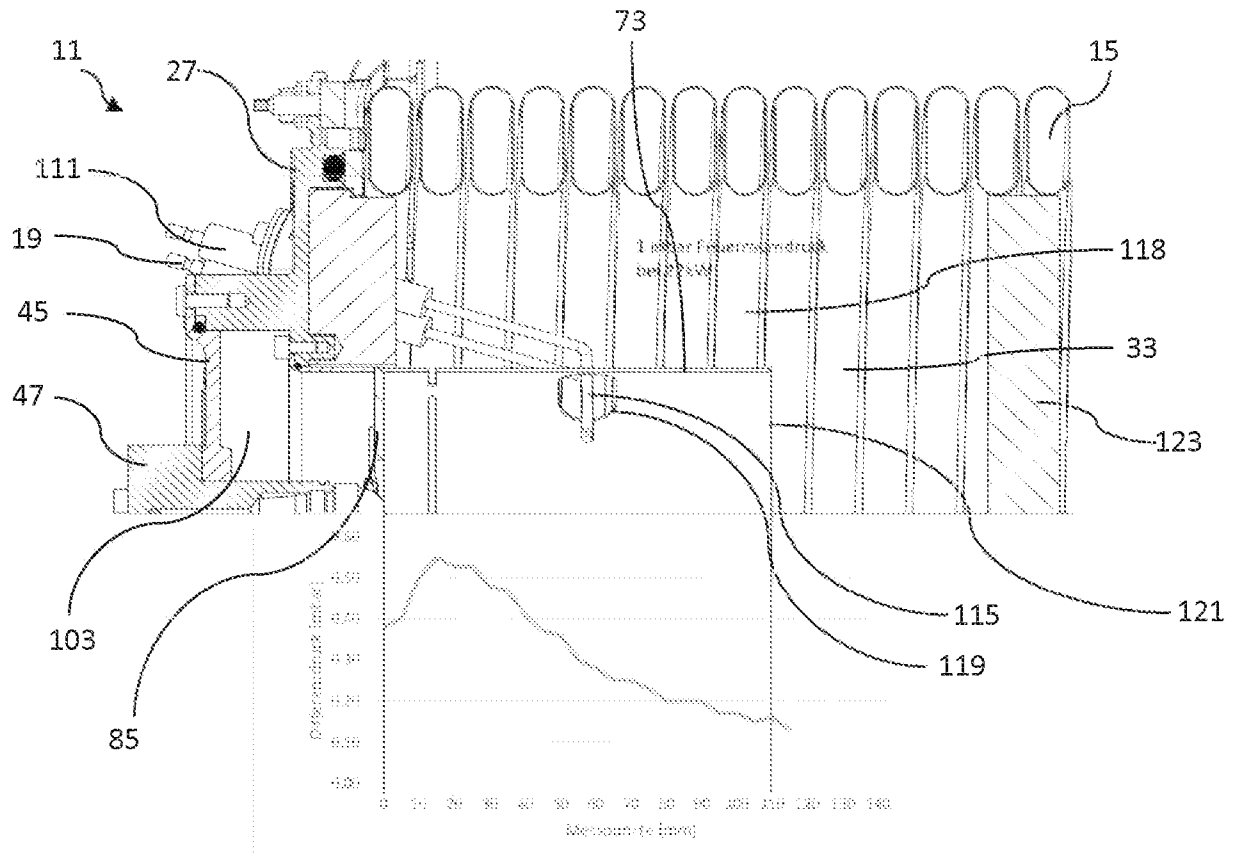


Fig. 17

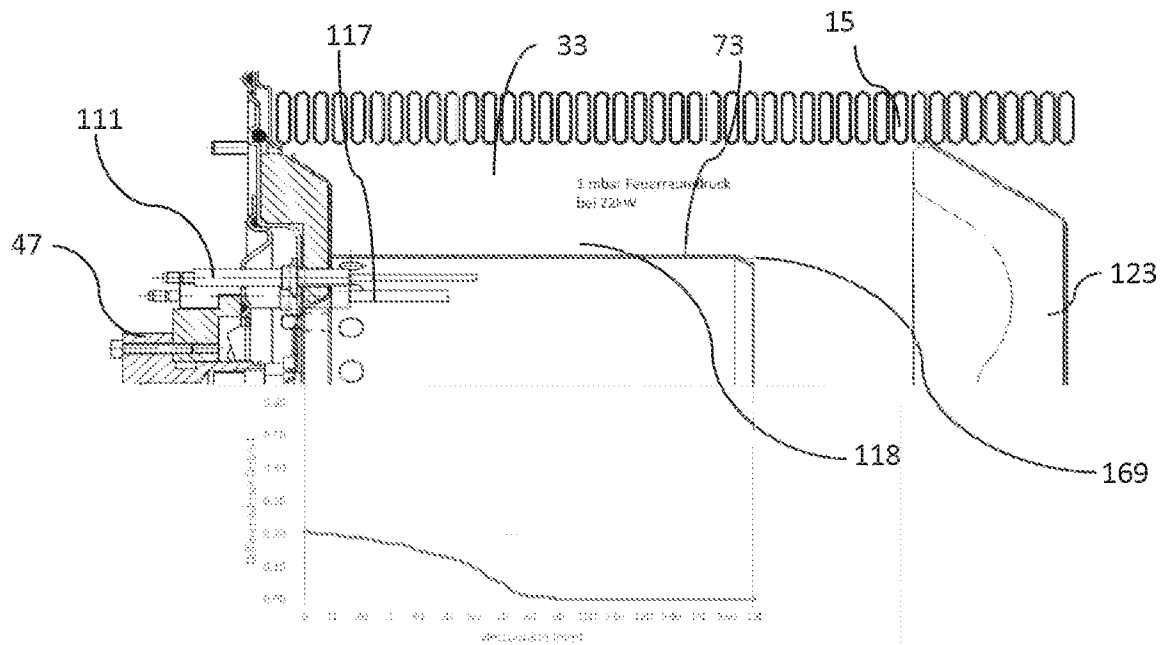


Fig. 18

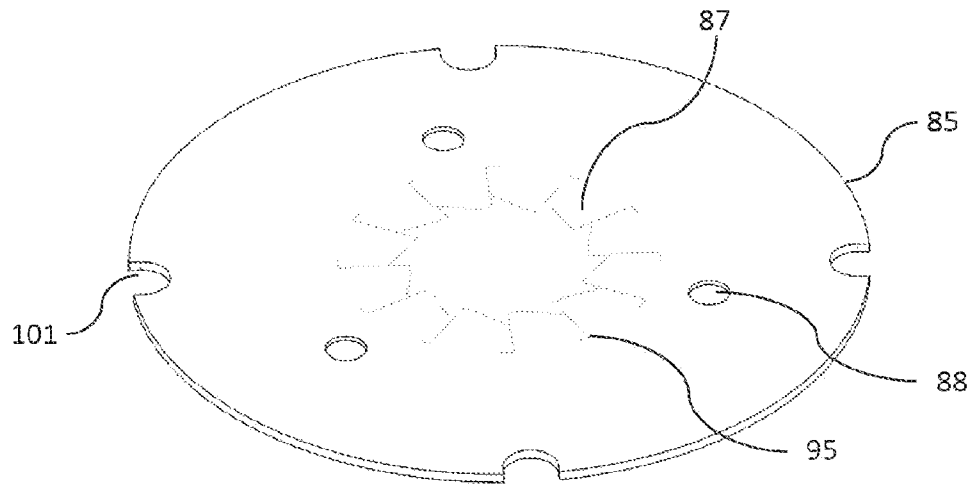


Fig. 19

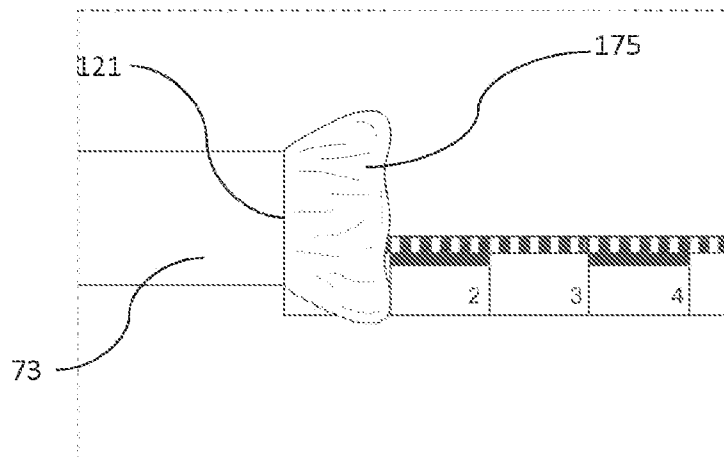


Fig. 20

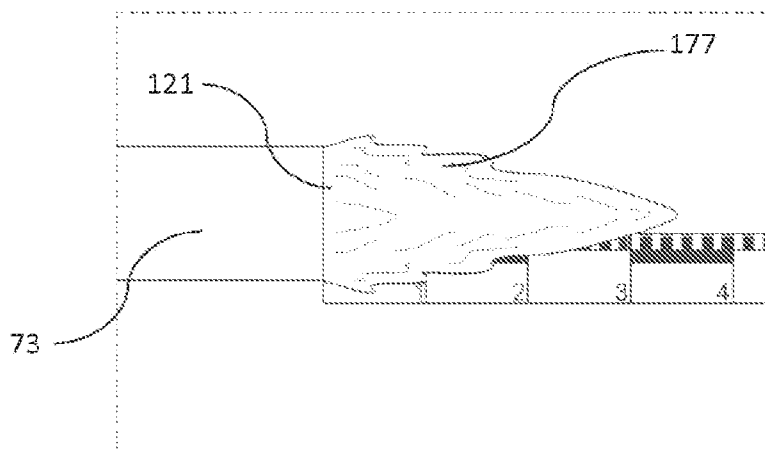


Fig. 21

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS
Nationales Aktenzeichen 702052021	Anmeldedatum 26-08-2021
Anmeldeland CH	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) swiss e-futurtec ag	
Datum des Antrags auf eine Recherche internationaler Art 23-11-2021	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN80070
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC Siehe Recherchenbericht	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	

Formblatt PCT/ISA 201 A (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 702052021

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. F23C9/00	F23C9/08	F23D11/40
F23D17/00	F23N1/02	F24H1/43
F24H9/1836	F24H9/20	F23M9/06
		F24H8/00
		F24H9/00
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F23C F23D F23M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 561 072 A1 (SWISS E TECHNIC AG [CH]) 10. August 2005 (2005-08-10) * Abbildungen 9-13, 15 * * Seite 13, Zeile 38 - Seite 15, Zeile 10 * * Seite 15, Zeile 29 - Seite 16, Zeile 22 * -----	1-80
X	WO 98/43019 A1 (VTH VERFAHRENSTECHNIK FUER HEI [LI]; FUELLEMANN JOERG [CH] ET AL.) 1. Oktober 1998 (1998-10-01) * Abbildungen 2, 5-9 * * Seite 10, Zeile 1 - Seite 12, Zeile 28 * * Seite 13, Zeile 31 - Seite 18, Zeile 14 * -----	1-80
A	EP 0 867 658 A1 (VTH AG [LI]) 30. September 1998 (1998-09-30) * das ganze Dokument * -----	1-80
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "8" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art 21. Februar 2022		Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Vogl, Paul

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 702052021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1561072	A1	10-08-2005	AU 2003271487 A1		13-05-2004
			EP 1561072 A1		10-08-2005
			US 2006147854 A1		06-07-2006
			WO 2004038291 A1		06-05-2004

WO 9843019	A1	01-10-1998	AT 210266 T		15-12-2001
			AU 6606498 A		20-10-1998
			CA 2284706 A1		01-10-1998
			EP 0970327 A1		12-01-2000
			US 6305331 B1		23-10-2001
			US 2001031440 A1		18-10-2001
			WO 9843019 A1		01-10-1998

EP 0867658	A1	30-09-1998	AT 197844 T		15-12-2000
			EP 0867658 A1		30-09-1998
			ES 2154491 T3		01-04-2001

Formblatt PCT/ISA/201 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)