

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 778 447 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.06.1997 Patentblatt 1997/24

(51) Int. Cl.⁶: F23M 9/06, F23D 11/40,
F23C 9/00

(21) Anmeldenummer: 96113366.7

(22) Anmeldetag: 21.08.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU NL
PT SE

(30) Priorität: 15.09.1995 DE 19534319

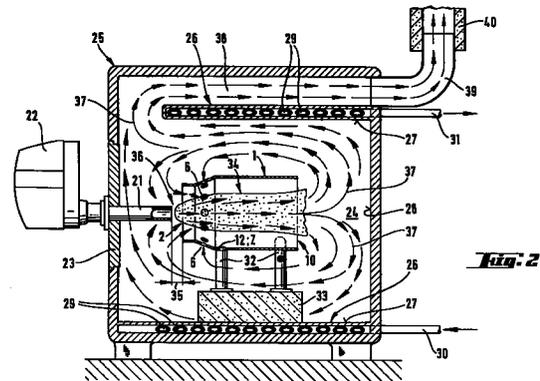
(71) Anmelder:
• CeramTec AG Innovative Ceramic Engineering
73207 Plochingen (DE)
• Gesellschaft für Sparsames Heizen mbH
90441 Nürnberg (DE)

(72) Erfinder:
• Endl, Bernhard
92318 Neumarkt (DE)
• Luber, Hans
91233 Neunkirchen (DE)
• Pedack, Engelbert
90522 Oberaspach (DE)
• Schuster, Werner
91207 Lauf (DE)
• Stuhler, Helmut, Dr.
90491 Nürnberg (DE)

(54) Einsatz für eine Kesselanlage, Kesselanlage und Verfahren zum Betreiben der Kesselanlage

(57) Die Erfindung betrifft einen Einsatz (1) mit mindestens drei Bereichen zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm in einer gas- und wasserdichten Kesselanlage (25) mit einem Brenner (22), dem der Einsatz im Brennraum nachgeschaltet ist, der dadurch gekennzeichnet ist, daß sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich (4) ein sich aufweitender Verzögerungsbereich (5) mit Injektionsöffnungen (6) und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich (9) mit größerer Querschnittsfläche als beim Beschleunigungsbereich anschließen, wobei das Innere frei von Lamellen ist, die die Ausbildung einer vergleichsweise schmalen langen Flamme (34) beeinträchtigen.

Sie betrifft ferner u.a. eine gas- und wasserdichte Kesselanlage (25) mit einem Brenner (22) und einem Einsatz (1) zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff und ein Verfahren zum Betreiben einer gas- und wasserdichten Kesselanlage, bei dem das Gemisch durch ein Rohr (21) des Brenners (22) und einen nachgeschalteten Einsatz (1) oder durch entsprechende Abschnitte eines zusammen mit einem entsprechenden Rohr einteilig oder mehrteilig ausgeführten Einsatzes geleitet und hierbei unvollständig verbrannt wird, an Wänden (28) des Brennraums (24) umgelenkt, teilweise durch Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung (2) und Injektionsöffnungen (6) im Einsatz (1) in die Flamme (34) injiziert und intensiv verbrannt wird, so daß eine vergleichsweise schmale lange Flamme (34) erzeugt wird.



EP 0 778 447 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Einsatz mit mindestens drei Bereichen zur Verbrennung der Brennstoffe Gas-, Öl- oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm in einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Brenner, dem der Einsatz nachgeschaltet ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Kesselanlage mit einem erfindungsgemäßen Einsatz sowie ein Verfahren zum Abstimmen eines Brenners auf die Kesselanlage und Verfahren zum Starten und zum Betreiben der Kesselanlage.

Kesselanlagen wie zum Beispiel Reaktoren, Verbrennungsanlagen und Nachverbrennungsanlagen oder wie Brauchwassererhitzer, Heizungsanlagen, auch mit integrierter Brauchwassererwärmung, bestehen vor allem aus einem Kessel, einem Brenner vor einem Brennraum und einem Kamin. Der Kessel hat meistens auch die Funktion, das z. B. für eine Heizung im Gebäude benötigte Warmwasser zu erwärmen und bereitzustellen. Im Brennraum wird Wärme freigesetzt, die teilweise über den Wärmetauscher auf das zu erwärmende Wasser übertragen, teilweise über die Abgase, die Kesselanlage und ihre Umgebung abgeführt wird. Für eine gute Verbrennung wird der Brennstoff intensiv mit Luft oder/und einem anderen, Sauerstoff enthaltenden Fluid gemischt und in einer sensiblen, optimierten Einstellung der Verbrennung zugeführt.

Trotz zahlreicher Innovationen bei der Brenner- und Kesseltechnik ist es bis heute nicht gelungen, eine emissionsarme und zugleich energiesparende Verbrennung mit hoher Effizienz und mit Langlebigkeit der hochbeanspruchten Anlagenkomponenten zu erzielen. Sogar Brenner der jungen Generation der Blaubrenner erreichen eine zufriedenstellende Verbrennung und eine Absenkung des NO_x -Ausstoßes um etwa 15 % nur aufgrund einer schlechteren Wärmeübertragung an die die Wärme aufnehmenden Anlagenteile mit einer kalten, blauen Flamme. Dies führt im Betrieb der Kesselanlage, gerade durch die Verwendung von Blaubrennern, zu überdurchschnittlich langen Brennerlaufzeiten und kurzen Pausenzeiten und somit zu einem erhöhten Energieverbrauch und häufigen Schaltintervallen. In jeder Startphase wird verstärkt Schadstoff gebildet; dabei und danach muß wieder eine stabile Gasströmung aufgebaut werden. Dies bedingt ein schlechtes Emissionsverhalten und einen erhöhten Brennstoffverbrauch.

Alte Kessel- und insbesondere Heizungsanlagen sind im Verhältnis zum Leistungsbedarf viel zu groß ausgelegt und werden deshalb mit übermäßiger Leistung betrieben. Die Brennraumgeometrie erfordert einen hohen Luftüberschuß von mehr als 5 % O_2 , um einigermaßen den Abgasverlust mit der Rußzahl an der äußersten Grenze der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (BimSchV) zu halten, was immer mit sehr hohem Schadstoffausstoß und deshalb recht geringer Wärmeübertragungsleistung verbunden ist. Aber selbst neu errichtete Anlagen unterliegen oft noch in weitem Ausmaß diesen Betriebsbedingungen, um hohe Betriebssicherheit zu gewähren: Die Brennerstörsquote soll so gering wie möglich gehalten werden; ein gewisses Maß an Luftübersättigung erhöht die Abgasverluste, bedingt aber weniger Störungen als Luftuntersättigung, die umgehend zu starker Rußbildung und damit zu einer Störung des Brenners führt. Der Gesetzgeber in Deutschland hat mit der 1., 4. und 13. BimSchV und der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) eine Reihe an Verordnungen geschaffen, um die Schadstoffbelastung, den Staubausstoß, die Abgasverluste und die Rußzahl weiter zu senken. Die 1. BimSchV führt bei einem hohen Anteil der Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland zu Stilllegungen und Nachrüstungen. Ein Teil der aufgrund dieser Verordnungen vorzunehmenden Stilllegungen könnte vermieden werden, wenn hierfür geeignete Nachrüstungen angeboten werden würden. Die Anlagen, die diese Verordnungen erfüllen, weisen immer noch ein erhebliches Optimierungspotential auf, vor allem bezüglich des Brennstoffverbrauchs und dessen Ausnutzung.

Der sogenannte Raketenbrenner, ein Blaubrenner, wird im Prospekt "Raketenbrenner[®] RE1, Montage - Betrieb - Wartung" der MAN B&W Diesel AG von September 1994 beschrieben. Es wird das Rezirkulationsprinzip um und in das Brennerrohr und eine hohe Flammengeschwindigkeit infolge hohen Öldruckes und hohen Luftdurchsatzes genutzt. Das Brennerrohr aus Keramik ist zylindrisch oder auch zylindrisch abgestuft mit einer konischen Verjüngung in der Mitte und weist jeweils in der Mitte eine Reihe von Öffnungen zur Rezirkulation des Rauchgases auf. Er erzielt günstige Abgaswerte, kann aber wegen der erforderlichen hohen Flammengeschwindigkeit nur bei hohem Öldruck von meistens mehr als 14 bar eingesetzt werden. Der hiermit verbundene hohe Öldrucksatz ist von Nachteil; der entsprechend hohe Luftverbrauch führt zu einer starken Geräuschentwicklung. Der Raketenbrenner kann in den Anlagen nicht eingesetzt werden, in denen die Mindestabgastemperatur von 160 °C nach DIN 4702 auch bei Verwendung einer Nebenluftanlage nicht erreicht wird, also insbesondere nicht in Altanlagen.

Aus DE-C2-30 17 050 ist ein Heizeinsatz aus Keramik für Heizungsanlagen zur Verbrennung von flüssigem Brennstoff in der Form eines sich verjüngenden Kegelstumpfes bekannt. Durch die Querschnittsverminderung werden die Abgase am Austritt der Flamme gestaut und durch Bohrungen nach außen gedrückt. Umlenkscheiben sollen eine Rezirkulation der Abgase bewirken. Dieser sogenannte Extuster war für die Brennergeneration vor 1980 mit großen Flammrohrdurchmessern, hohen Durchsatzleistungen ohne Ölvorwärmung und einer nicht einstellbaren Pressung eine wesentliche Verbesserung. Dieser Heizeinsatz führt aber weiter zur Rußbildung und ist nur in einer Größe auf dem Markt. Somit ist der Extuster nur für Altanlagen mit großem Brennraum zu verwenden. Die Notwendigkeit des Extusters entfällt bei der Nachrüstung mit einem Brenner einer neueren Generation.

Teile des unvollständig verbrannten Gemisches können auch über sogenannte Rezirkulationshauben in den Verbrennungsprozeß rückgeführt werden. Rezirkulationshauben werden in manchen Kessel-Brenner-Units verwendet. Sie

müssen von ihrer Konstruktion exakt auf die Kombination von Kessel und Brenner abgestimmt sein und bewirken nur eine leichte NO_x-Minderung durch die Abgasrückführung, weil nur kleine Rauchgasmengen zur Kühlung der Flamme verwendet werden können. Hieraus resultiert eine schlechtere Wärmeübertragungsleistung beim Wärmeaustausch und damit wiederum eine höhere Laufleistung bei hohem Energieverbrauch des Brenners.

5 Aus EP-B2-0 266 377, DE-GM 89 08 797 und der "Einbau-Anleitung Schneidawind'sche Nachbrenner" von Schneidawind-Technologie von Dezember 1994 sind Heizgeräte mit einem metallischen Nachbrenner (Heizeinsatz) bekannt, bei dem der Heizeinsatz fest mit einem Flammrohr verschraubt ist. Der von Schneidawind-Technologie vertriebene Heizeinsatz besteht wahrscheinlich aus St 37 und nicht aus einem speziellen hochwertigeren Stahl. Über die an Öffnungen des Heizeinsatzes angebrachten Lamellen sollen der Strömungsquerschnitt erniedrigt, Luft angesaugt
10 und Turbulenzen erzeugt werden. Die Lamellen führen jedoch zur Bildung von Ruß, weil sie in die Flamme ragen. Es kommt zu einer Bewegung des mit rezirkulierenden Gasen vermengten Gemisches um die Flamme herum, ohne daß die rezirkulierenden Gase ausreichend an den Flammenkern herangeführt werden. Die Öffnungen des Heizeinsatzes lassen diese Gase in Längsrichtung zur Kühlung des metallischen Heizeinsatzes nahe dessen Wand streichen. Der metallische Heizeinsatz beginnt nach der Zündung der Flamme sehr schnell auf seiner gesamten Länge zu glühen und
15 wandelt die an seiner Oberfläche auftreffende Frischluft sofort zu Stickoxiden um. Bei der Nachrüstung einer Heizungsanlage nach dem Stand der Technik wird eine gewisse, nur kurzzeitig infolge Ausglühen des Heizeinsatzes wirkende und noch nicht ausreichend hohe Emissionsminderung und Energieeinsparung erreicht. Der Stickoxidausstoß ist mit der von Schneidawind-Technologie angebotenen Technik jedoch auch im Normalbetrieb recht hoch. Der kostspielige metallische Heizeinsatz weist auch bei niedrigster Einstellung des Brenners eine Lebensdauer von nur sehr kurzer Zeit
20 auf, da er hohen Temperaturen nicht standhalten kann, schnell ausglüht, verzündert und sich verformt. Mit derartigen Veränderungen des metallischen Heizeinsatzes nimmt die Leistung kontinuierlich zu einem rußerzeugenden Isolierhohlkörper ab.

Die Startphase einer nach dem Stand der Technik betriebenen Kesselanlage kann in drei Abschnitte unterteilt werden:

- 25
- I. Vorbelüftungszeit
 - II. Zündung
 - III. Abbrandbeginn.

30 I. Die Vorbelüftung dient im wesentlichen zur Ausbildung einer stabilen Luftströmung im Kessel vom Brenner in Richtung Kamin.

II. Die Zündung setzt etwa nach zwei Dritteln der Vorbelüftungszeit ein, um z. B. einen gleichmäßigen Lichtbogen zu erzeugen und damit einen guten und sicheren Abbrand zu gewährleisten. Sobald sich am Ende der Vorbelüftungszeit das Magnetventil öffnet, strömt der Brennstoff mit Druck durch eine oder mehrere Düsen in den Brennraum ein,
35 wird mit der Luft zu einem Brennstoff-Luft-Gemisch verwirbelt und an der Zündelektrode durch den permanenten Lichtbogen entzündet. Das Gemisch beginnt mit einer Verpuffung zu brennen. Die Flamme brennt z. B. aus einem Brennerrohr heraus oder hinter einem Flammrohr.

III. Das abbrennende Brennstoff-Luft-Gemisch erzeugt eine hohe Wärmeentwicklung. Der Druck des Brennstoffes an der Düse bestimmt die Rauchgasgeschwindigkeit wesentlich. Bei erhöhtem Druck wird das Rauchgas schnell und deswegen mit erhöhter Temperatur in den Kamin abgeführt. Zur Minderung dieses Effektes werden ggbs. auch Konvektionsbeschleuniger in die Züge des Kessels eingebaut. Je höher die Rauchgasgeschwindigkeit bei Anlagen nach dem Stand der Technik ist, desto weniger Wärme kann in der Regel übertragen werden. Es ist deshalb ein vorrangiges Ziel bei diesen Anlagen, den Rauchgasmassenstrom und seine Geschwindigkeit zu verringern, um eine verbesserte Wärmeübertragung und einen höheren Füllungsgrad des Brennraumes mit den umlaufenden unvollständig verbrannten Gasmassen zu bewirken und damit kalte Zonen mit Kondenswasser innerhalb des Brennraumes zu vermeiden.
45

Aufgrund des Druckes, der bei der Verbrennung des Brennstoffes in einer Kesselanlage nach dem Stand der Technik notwendig ist, und des Staus der Luftmassen im Brennraum kommt es bei der Zündung des Gemisches zu einem lauten Knall. Bei der Explosion oder Verpuffung wird eine sehr große Schadstoffemission aufgrund der sehr unvollständigen Verbrennung und der extremen Abgasgeschwindigkeit verursacht. Bei Ölheizungsanlagen beträgt der Öldruck
50 fast immer mindestens 12 bar. Auch bei Gasheizungsanlagen wird ein erhöhter Gasdruck vorgegeben. Der Druck ist erforderlich, um die stehenden Luftmassen beim Start zu durchdringen. Die Flamme brennt mit hoher Geschwindigkeit in den Brennraum des Kessels ab. Während des Abbrandes wird eine hohe Sättigung des Gemisches benötigt, um den Abbrand stabil zu beherrschen. Es kommt auch beim Betrieb des Brenners aufgrund des hohen Druckes zu einer erheblichen Geräuschentwicklung.

55 In der Startphase ist bei allen Heizungsanlagen nach dem Stand der Technik die Schadstoffbelastung über etwa 30 bis 60 Sekunden meist um das 100- bis 300-fache höher als im auf die Startphase folgenden Normalbetrieb. Die Startphase dauert meist etwa 1 bis 2 Minuten. Stabile Verhältnisse für den Gasmassenstrom werden in 1 bis 1 1/2 Minuten ab Zündung erreicht.

Emissions- und Verbrauchswerte typischer Heizungsanlagen des Standes der Technik werden in Tabelle 1 aufge-

führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Einsatz für neue bzw. alte Kesselanlagen und insbesondere Heizungsanlagen vorzuschlagen, bei dem die Kesselanlage so ausgerüstet bzw. nachgerüstet und anschließend eingestellt werden kann, daß mit deutlich verringertem Brennstoffverbrauch höhere Leistungsausbeuten bei gleichzeitiger Senkung der Emissionen erzielt werden und sich die Anlage im Start- und Betriebsverhalten besser verhält als eine neue, moderne Kesselanlage nach dem Stand der Technik. Der erfindungsgemäße Einsatz soll an möglichst viele Arten und Größen von Kesseln und Brennern angepaßt werden können und eine langjährige, sichere, servicearme und anwenderfreundliche Betriebsweise ermöglichen. Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine gas- und wasserdichte, mit einem Brenner und einem Einsatz ausgestattete Kesselanlage, ein Verfahren zum Abstimmen des Brenners auf die Kesselanlage sowie Verfahren zum Starten und zum Betreiben dieser Kesselanlage anzugeben, die die genannten Vorteile aufweisen. Die Kesselanlage sollte bedarfsangepaßt sein und ausgelegt für eine Nutzung über mindestens 20 Jahre sowie auf Betriebssicherheit und Wartungsarmut.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Einsatz mit mindestens drei Bereichen zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm in einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Brenner, dem der Einsatz im Brennraum nachgeschaltet ist, gelöst, bei dem sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich ein sich aufweitender Verzögerungsbereich mit Injektionsöffnungen und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich mit größerer Querschnittsfläche als beim Beschleunigungsbereich anschließen, wobei das Innere frei von Lamellen ist, die die Ausbildung einer vergleichsweise schmalen langen Flamme beeinträchtigen. In einer weiteren Ausführung wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, in der das Rohr des Brenners und der nachgeschaltete Einsatz zusammen einteilig oder mehrteilig ausgeführt sind, wobei zwischen dem Rohrabschnitt und dem Einsatzabschnitt mindestens eine Saugöffnung eingebracht ist und der Einsatzabschnitt im Inneren frei von Lamellen ist, die die Ausbildung einer vergleichsweise schmalen langen Flamme beeinträchtigen, und mindestens drei Bereiche aufweist, wobei sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich ein sich aufweitender Verzögerungsbereich mit Injektionsöffnungen und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich mit größerer Querschnittsfläche als beim Beschleunigungsbereich anschließen.

Die Aufgabe wird außerdem mit einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Brenner und einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm gelöst, bei der ein erfindungsgemäßer Einsatz verwendet wird.

Die Aufgabe wird auch gelöst mit einem Verfahren zum Abstimmen eines Brenners auf eine gas- und wasserdichte Kesselanlage mit einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm, bei dem die dem Kessel zugeführte Leistung des Brenners, bezogen auf die Nennleistung eines nach dem Stand der Technik ausgelegten Kessels, um mindestens 10 %, jedoch nicht um mehr als 60 % unterschritten wird, wobei aber auch der Brennstoffmindstdurchsatz des Brenners nicht unterschritten wird, oder die Luftzufuhr des Brenners bei einer nach dem Stand der Technik eingestellten Anlage um mindestens 10 %, jedoch um nicht mehr als 60 % reduziert wird oder die Pressung an der Stauscheibe in einem nach dem Stand der Technik ausgelegten Brenner um mindestens 5 %, jedoch um nicht mehr als 100 % erhöht wird.

Die Aufgabe wird ferner mit einem Verfahren zum Starten einer gas- und wasserdichten Kesselanlage gelöst, die mit einem Gemisch aus einem Sauerstoff enthaltenden Fluid und dem Brennstoff Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm über einen Brenner und einen nachgeschalteten Einsatz betrieben wird, bei dem das Sauerstoff enthaltende Fluid erst in einen stabilen Umlauf gebracht wird und dabei teilweise durch Saug-/Einlaß- und Injektionsöffnungen rezirkuliert wird, bevor der Brennstoff eingelassen und gezündet wird.

Die Aufgabe wird schließlich mit einem Verfahren zum Betreiben einer gas- und wasserdichten Kesselanlage gelöst, die mit einem Gemisch aus einem Sauerstoff enthaltenden Fluid und dem Brennstoff Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm über einen Brenner und einen nachgeschalteten Einsatz betrieben wird, wobei das Gemisch durch ein Rohr des Brenners und einen nachgeschalteten Einsatz oder durch entsprechende Abschnitte eines zusammen mit einem entsprechenden Rohr einteilig oder mehrteilig ausgeführten Einsatzes geleitet und hierbei unvollständig verbrannt wird, an Wänden des Brennraums umgelenkt, teilweise durch Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung und Injektionsöffnungen im Einsatz in die Flamme injiziert und intensiv verbrannt wird, so daß eine vergleichsweise schmale lange Flamme erzeugt wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsform für einen einteiligen Einsatz und bezüglich der Strömungsverhältnisse in der Anlage beispielhaft erläutert:

Figur 1 stellt einen Längsschnitt durch einen einteiligen Einsatz 1 dar. Der Einlaß 2 mit der kreisförmigen Einlaßöffnung 3 ist zugleich der Beginn des zylinderförmig ausgeführten Beschleunigungsbereiches 4, der in einen sich aufweitenden, konischen Verzögerungsbereich 5 übergeht, der Injektionsöffnungen 6 als senkrecht auf die Mittelachse gerichtete Bohrungen in einer Reihe 7 angeordnet auf der Mantelfläche 8 aufweist. Daran schließt sich der zylinderförmig ausgeführte Verdampfungsbereich 9 mit einem gegenüber dem Beschleunigungsbereich 4 größeren Querschnitt mit dem Auslaß 10 und der kreisförmigen Auslaßöffnung 11 an. 12 bezeichnet eine Bohrung zur

Aufnahme eines zylinderförmigen Zapfens Z eines Lagerstiftes, der zu einem Auflager gehört.

Figur 2 gibt einen Heizungskessel mit der Flamme und den Gasströmungsverläufen in und um einen einteiligen Einsatz im Längsschnitt wieder. Das Flammrohr 21 des Brenners 22 ragt durch die Kesseltür 23. Der Brennraum 24 des Kessels 25 wird vor allem vom Wärmetauscher 26 mit seinen Außenwänden 27 und von der Rückwand des Kessels 28 begrenzt. Der Wärmetauscher 26 birgt die vom aufzuheizenden Wasser durchflossenen Wärmetauscherrohre 29. Seitlich schließen sich der Wassereintritt 30 und der Wasseraustritt 31 an. Der Einsatz 1 ist etwa mittig im Brennraum 24 angeordnet, insbesondere so, daß die Mittellinie des Flammrohrs 22 mit der Mittellinie des Einsatzes 1 zusammenfällt. Der Einsatz 1 ist bevorzugt auf einem Auflager 32 gelagert, welches hier aus drei Lagerstiften besteht, von denen einer vorne mittig und zwei hinten seitlich angeordnet sind. Zur Überbrückung größerer Höhenunterschiede kann eine Unterlage 33 verwendet werden. Bei einem Flammrohr 21 entsteht die Flamme 34 kurz hinter dem Flammrohr und brennt in Strömungsrichtung. Alternativ zum Flammrohr 21 kann ein Brennerrohr gewählt werden, bei dem die Flamme 34 dann bereits etwa in der Mitte des Brennerrohres beginnen würde. Vorzugsweise wird zwischen Flammrohr 21 bzw. Brennerrohr und Einsatz 1 ein Abstand 35 als Saugbereich 36 eingestellt werden. Die Pfeile 37 im Brennraum 24 kennzeichnen den Gasströmungsverlauf. Ein Teil der Gase wird über den Saugbereich 36 durch die Einlaßöffnung 3 und durch die Injektionsöffnungen 6 in den Einsatz 1 rezirkuliert, ein anderer Teil über den Zug 38 und das Rauchrohr 39 in den Kamin 40 geleitet.

Der Begriff gas- und wasserdichte Kesselanlage im Sinne dieser Erfindung soll bedeuten, daß die Kesselanlage nahezu bis gänzlich gas- und wasserdicht ist.

Ein einteilig ausgeführter Einsatz enthält einen rohrförmigen Beschleunigungsbereich, einen sich aufweitenden Verzögerungsbereich und einen rohrförmigen Verdampfungsbereich, dessen Querschnitt größer ist als der des Beschleunigungsbereichs. Bei einem mehrteiligen Einsatz können diese Bereiche in mehreren gesonderten und ggöfs. miteinander verbundenen Teilen vorliegen. Die Teile bestehen vorzugsweise alle aus dem gleichen Werkstoff. Die Teilung kann insbesondere in Längsrichtung oder/und quer hierzu erfolgen, vorzugsweise in Längsrichtung mit 2, 3 oder 4 Teilen. Die Teile können hierbei ineinandergesteckt, geklemmt oder/und zusammengekittet werden; vorzugsweise sind sie weitgehend dichtend miteinander verbunden, so daß sie die Strömungsverhältnisse im Vergleich zum einteiligen Einsatz nicht beeinträchtigen. Zum Zusammenstecken sind die Teile vorzugsweise mit einem Bund, Flansch oder Rücksprung versehen. Die Klemmung kann über eine U-förmige Klammer erfolgen. Die Kittung kann mit einem keramischen Klebemittel wie z. B. Kesselkitt ausgeführt werden.

Andererseits ist es möglich, daß das Rohr des Brenners, also in der Regel das Brennerrohr bzw. Flammrohr, und der nachgeschaltete Einsatz zusammen in einer Konstruktion einteilig oder mehrteilig ausgeführt sind; die entsprechenden Abschnitte dieses langen Einsatzes werden entsprechend als Rohrabschnitt und Einsatzabschnitt bezeichnet. Hierbei ist zwischen dem Rohrabschnitt und dem Einsatzabschnitt mindestens eine Öffnung als Saugöffnung eingebracht, wobei die Saugöffnung(en) vorzugsweise in der Mitte oder bis zum Ende des Rohrabschnitts angeordnet ist (sind) und eine Fläche von insgesamt mindestens 1000 mm², vorzugsweise von mindestens 5000 mm², besitzt. Für die Saugöffnungen gilt das weitere, für die Injektionsöffnungen bezüglich der Geometrie und Anordnung angeführte entsprechend. Der Einsatzabschnitt weist mindestens drei Bereiche auf; hierbei schließt sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich mit kleinerer Querschnittsfläche ein sich aufweitender Verzögerungsbereich mit Injektionsöffnungen und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich mit größerer Querschnittsfläche an. Für die Teile dieses langen Einsatzes gilt das entsprechend für den kurzen Einsatz zuvor ausgeführte.

Die Öffnungen auf der Mantelfläche (Injektionsöffnungen) des sich aufweitenden Verzögerungsbereiches können insbesondere in Form von kreisrunden Bohrungen, verrundeten Ausnehmungen, Polygonen oder Schlitzten ausgeführt sein. Sie sind vorzugsweise regelmäßig auf der Mantelfläche angeordnet, insbesondere in mindestens einer Reihe, die auf einer Fläche senkrecht zur Mittellinie des Einsatzes steht. Wenn der Einsatz kreisrunde Querschnitte aufweist, ist es besonders vorteilhaft, daß die Öffnungen innerhalb jeder Reihe äquidistant angeordnet und von gleichem Öffnungsquerschnitt und gleicher Form sind, um eine gleichmäßige Rezirkulation von allen Seiten um und in die Flamme zu bewirken. Insbesondere ist eine Rezirkulation günstig, bei der die Öffnungen senkrecht auf die Mittellinie gerichtet sind.

Die Injektionsöffnungen sind vorzugsweise als Bohrungen von 4 bis 80 mm Durchmesser, insbesondere von 10 bis 50 mm ausgeführt. Hierbei sind bevorzugt 6 bis 18, insbesondere 9 bis 15 Öffnungen in gleichen Abständen auf einer Ebene senkrecht um die Mittellinie und senkrecht auf die Mittellinie ausgerichtet angeordnet.

Der Einsatz weist vorteilhafterweise eine Wandstärke von 1 bis 25 mm auf, insbesondere von 2,5 bis 20 mm, besonders bevorzugt von 3 bis 15 mm. Die Querschnittsfläche des Beschleunigungsbereiches beträgt bevorzugt mindestens 200 mm², insbesondere mindestens 6000 mm² auf. Der einteilige Einsatz weist bevorzugt eine Mindestlänge von 40 mm, insbesondere von 80 mm auf.

Die erfindungsgemäßen Einsätze zeichnen sich insbesondere durch folgende geometrischen Verhältnisse aus:

- Volumen des Verdampfungsbereiches zum Volumen des Beschleunigungsbereiches 5:1 bis 15:1 - jeweils auf das Innere des Einsatzes bezogen, besonders bevorzugt von 8:1 bis 12:1,

- Volumen des Verdampfungsbereiches zum Volumen des Verzögerungsbereiches 2:1 bis 6:1 - jeweils auf das Innere des Einsatzes bezogen, besonders bevorzugt 3:1 bis 5:1,
- freie Querschnittsfläche am Auslaß des Einsatzes zur Summe der Flächen der Öffnungen auf der Mantelfläche des Verzögerungsbereiches 3:1 bis 15:1, besonders bevorzugt von 8:1 bis 12:1,
- 5 - freie Querschnittsfläche des Auslasses des Einsatzes zu der des Einlasses 1,1:1 bis 5:1, besonders bevorzugt von 1,2:1 bis 2:1,
- Länge des Einsatzes in Richtung der Mittellinie zum Querschnitt - gemessen als Äquivalentkreisdurchmesser - an seinem Auslaß 1:1 bis 2:1, besonders bevorzugt etwa 1,5:1,
- Abstand zwischen dem Brennerrohr bzw. Flammrohr des Brenners und dem Einsatz entspricht der -1fachen Länge (Überlappung) bis + 2,5fachen Länge (Saugabstand) des Beschleunigungsbereiches, besonders bevorzugt der 10 0,4- bis 1,5fachen Länge.

Der Äquivalentkreisdurchmesser kennzeichnet den Durchmesser eines flächengleichen Kreises.

Der Einsatz ist im Inneren frei von Lamellen, die die Zentrierung und Ausrichtung einer vergleichsweise schmalen, 15 langen, nichtrußenden Flamme beeinträchtigen können.

Versuche mit Einsätzen aus verschiedenen Werkstoffen haben gezeigt, daß sich solche aus Keramik am besten eignen. Mit neuen nichtverzunderten metallischen Einsätzen können zwar ähnlich niedrige Kohlenmonoxidwerte am Abgas bei entsprechender Einstellung bis zum Ausglühen erzielt werden, aber nur bei gleichzeitig erhöhtem Stickoxid- 20 gehalt und erhöhtem Frischluftbedarf.

Der Emissionsgrad eines keramischen Bauteils ist im Bereich der Infrarotstrahlung üblicherweise höher als der von alternativ verwendbaren Metallen. Häufig ist auch die Wärmekapazität der keramischen Werkstoffe höher und die Wärmeleitfähigkeit niedriger als die derartiger metallischer Werkstoffe. Bei Verwendung von keramischen Bauteilen Siliciumcarbidkeramik wird eine im Vergleich zu den meisten metallischen Werkstoffen überaus hohe Wärmeleitfähigkeit genutzt. Die Kombination dieser und auch weiterer Werkstoffeigenschaften führt möglicherweise zu den sehr niedrig 25 gemessenen Abgaswerten von weniger als 160 mg/kWh NO_x bei Heizöl EL oder weniger als 100 mg/kWh NO_x bei Erdgas, unabhängig von der Brenner-Kessel-Kombination.

Ein einteilig gestalteter Einsatz kann ebenso wie mindestens ein Teil des mehrteilig ausgeführten Einsatzes oder ein Rohr, das einteilig als Flammrohr bzw. Brennerrohr des Brenners und zugleich als nachgeschalteter Einsatz ausgeführt ist, vorteilhaft aus Keramik bestehen. Als keramische Werkstoffe eignen sich insbesondere Silicatkeramiken, Siliciumcarbidkeramiken und Siliciumnitridkeramiken, unter den Silicatkeramiken vor allem solche mit hohem Cordierit- und Mullit-Gehalt. Besonders bevorzugt sind für den erfindungsgemäßen Einsatz poröse oder dichte Siliciumcarbidkeramiken, z. B. poröse silicatisch gebundene oder dichte Silicium-infiltrierte Werkstoffvarianten. 30

Der ein- oder mehrteilige Einsatz ist geringfügig überlappend, im Anschluß an oder hinter einem Flammrohr/Brennerrohr angeordnet, vorzugsweise in einem Abstand vom Ende des ersten Rohres zum Einlaß des Einsatzes von 0 bis 35 150 mm, auch abhängig von der Anlagengröße, besonders bevorzugt in einem Abstand von mindestens 5 mm, ganz besonders bevorzugt von mindestens 15 mm. Der Abstand zwischen Flammrohr/Brennerrohr und Einsatz ist so bemessen, daß die Flamme noch nicht an den Wänden des Einsatzes anschlägt. Je größer dieser Abstand wird, desto kürzer kann die Aufheizzeit des aufzuheizenden Wassers für eine Temperaturerhöhung um beispielsweise 10°C werden. Der Einsatz wird vorzugsweise so ausgerichtet, daß die Mittellinie des Flammrohrs bzw. Brennerrohrs mit der Mittellinie des Einsatzes zusammenfällt oder näherungsweise zusammenfällt. 40

Hinter dem Einsatz befindet sich vorzugsweise eine senkrecht zu dieser Mittellinie angeordnete Rückwand, meist auch mit seitlichen Wänden, die zur Umlenkung und Rückführung des unvollständig verbrannten Gemisches dienen sollen und im Zusammenwirken mit den übrigen Anlagenteilen im Brennraum so gestaltet sind, daß ein Teil dieses Gasstromes durch die Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung vor dem Einsatz und durch die Injektionsöffnungen auf der Mantelfläche in den Einsatz zurückgeführt wird. 45

Der erfindungsgemäße Einsatz wird bevorzugt über ein Auflager, das verstellbar sein kann, gelagert. Hiermit kann die Ausrichtung des Einsatzes seitlich und in der Höhe, die Zentrierung auf die Mittellinie der Anordnung Flammrohr/Brennerrohr - Einsatz oder/und die Einstellung des Abstands (Saugbereich) zwischen Flammrohr/Brennerrohr und Einsatz erfolgen. Der Einsatz kann hierzu eine oder mehrere Ausnehmungen zur Aufnahme des Auflagers oder Befestigungshilfen wie z. B. Bohrungen, Stege, Ösen, Haken aufweisen. Er kann mit dem Kessel oder dem Wärmetauscher starr, auflagernd oder hängend verbunden sein. Auch dieses Auflager besteht vorzugsweise aus einem keramischen Werkstoff, insbesondere aus einem wärmeisolierenden. Die Kontaktflächen zum Einsatz sind vorzugsweise eher punkt- oder linienförmig ausgebildet. Er kann, insbesondere wenn sowohl der Einsatz, als auch das Auflager aus Keramik bestehen, über ein keramisches Klebemittel wie zum Beispiel Sauereisenzement, Kesselkitt oder Feuerfestbinder auf Basis Aluminiumphosphaten, Gelen bzw. Alkoholaten oder über eine metallische Zwischenschicht z. B. auf Basis Silicium, Siliciden oder einem anderen gut benetzenden Metall/einer gut benetzenden Legierung fest mit dem Einsatz verbunden sein. Die Ausgestaltung eines derartigen Auflagers wird in der zeitgleich eingereichten deutschen Gebrauchsmusteranmeldung "Keramisches Auflager" beschrieben, auf deren Offenbarung hier ausdrücklich Bezug genommen wird. Größere Höhenunterschiede zwischen einer Bodenfläche und dem Einsatz können auch über dazwi- 55

schen positionierte Unterlagen, z. B. aus feuerfesten Baustoffen wie Schamotteplatten, überbrückt werden. Für die Strömungsverhältnisse im Brennraum ist es jedoch günstig, wenn sich unter dem Einsatz ein gewisser frei durchströmbarer Raum befindet; dadurch wird die Umströmung und Rezirkulation gleichmäßiger und die Flamme senkt sich weniger oder gar nicht mehr im Bereich des Einsatzes ab.

5 Bei der erfindungsgemäßen Kesselanlage ist der ein- oder mehrteilige Einsatz einem Brenner nachgeschaltet, soweit nicht das Flammrohr/Brennerrohr des Brenners und der nachgeschaltete Einsatz zusammen ein- oder mehrteilig ausgeführt sind. Im letzteren Fall ist mindestens eine Saugöffnung mit einer Gesamtquerschnittsfläche von mindestens 500 mm², insbesondere von mindestens 3000 mm², zwischen Rohrabschnitt und Einsatzabschnitt angeordnet. Die Saugöffnungen sind vorzugsweise als Schlitz-, Polygone oder verrundete Ausnehmungen ausgeführt. Mehrere
10 Saugöffnungen sind vorzugsweise regelmäßig um die Mittellinie herum angeordnet.

Als Brenner wird in vielen Fällen ein Gebläsebrenner verwendet werden. Aber es kann z. B. auch ein atmosphärischer Brenner entsprechend der Erfindung betrieben werden, wenn die Luftbewegung auf den Einsatz konzentriert und die Flammen durch den Einsatz geleitet und möglichst zusammengeführt werden.

Bei der Abstimmung des Brenners auf die Kesselanlage ist vor allem entgegen der Meinung der Fachwelt darauf
15 zu achten, daß

- die dem Kessel zugeführte Leistung des Brenners, bezogen auf die Nennleistung eines nach dem Stand der Technik ausgelegten Kessels, um mindestens 10 %, jedoch nicht um mehr als 60 % unterschritten wird, vorzugsweise um 20 bis 50 %, wobei aber auch der Brennstoffmindstdurchsatz des Brenners nicht unterschritten werden darf;
- 20 - die Luftzufuhr des Brenners bei einer nach dem Stand der Technik eingestellten Anlage um mindestens 10 %, jedoch um nicht mehr als 60 % reduziert wird, vorzugsweise um mindestens 20 bis 50 %;
- die Pressung an der Stauscheibe in einem nach dem Stand der Technik ausgelegten Brenner um mindestens 5 %, jedoch um nicht mehr als 100 % erhöht wird, vorzugsweise um 20 bis 80 %.

25 Die Reduzierung der Luftzufuhr und der Pressung ist auf die Normaleinstellung des Brenners auf die Anlage nach dem Stand der Technik bezogen. Die Abstimmung des Brenners auf die Kesselanlage ist aber von der Mindestdurchsatzleistung des Brenners begrenzt, also dem Verhältnis der kleinsten möglichen Luftmenge zu der kleinsten möglichen Brennstoffmenge, die eine optimale Verbrennung zuläßt, und kann daher oft nicht entsprechend der Auslegung der Kesselanlage abgestimmt werden.

30 Die Pressung wird hierbei über eine Reduzierung der Luftzufuhr des Brenners durch eine Verstellung der Stauscheibe bzw. des Düsenstockes erreicht. Die Pressung des Öl-Luft-Gemisches kann angehoben werden, indem der Düsenstock mit angeschraubter Stauscheibe in Strömungsrichtung nach vorn oder hinten in ein sich verjüngendes Rohr bewegt und fixiert wird. Bei sich konisch verjüngenden Rohren wird dadurch der freie Querschnitt der Austrittsöffnung des Rohres verringert. Die Luft wird mit einem stärkeren Drall durch die Öffnungen der Stauscheibe gepreßt und
35 kann mehr Ölnebel an sich binden, was eine optimale Sättigung des Gemisches Luft - Öl ergibt. Bei Anlagen ohne erfindungsgemäßen Einsatz kommt es bei Ausnutzung der maximal möglichen Pressung deshalb leicht zum Abreißen der Flamme. Die Verwendung des Einsatzes bewirkt jedoch eine gleichmäßige Geschwindigkeit der um den Einsatz zirkulierenden Gasmassen.

Die Lösungen zur Anhebung der Pressung sind je nach Brenner unterschiedlich. Die Erhöhung der Pressung ist
40 bei Öl-befeuerten Anlagen mit einer intensiveren Vermischung des Ölnebels mit der Frischluft verbunden, ohne daß hierzu die Luftzahl $\lambda > 1,15$ benötigt wird. Die Luftzufuhr kann dann um mindestens 50 % gegenüber der Einstellung nach dem Stand der Technik reduziert werden, weil durch die Rezirkulation weniger Frischluft benötigt wird, um den Brennraum zu füllen.

Bei der Abstimmung des Brenners auf eine Kleinheizungsanlage, die nach 1985 erstellt wurde, könnte bereits
45 durch optimale Brennereinstellung 10 bis 15 % Brennstoff eingespart werden, wenn hiermit nicht zwangsläufig eine Störanfälligkeit durch Abreißen der Flamme und Rußbildung verbunden wäre. Bei einer Ausrüstung/Nachrüstung einer Heizungsanlage nach dem Stand der Technik mit einem erfindungsgemäßen Einsatz wird mindestens 25 % Brennstoff durch die optimale Umsetzung der zugeführten Energie, also durch Verbrennung ohne Kohlenmonoxid-Emission und bei optimalem Luftüberschuß die Luftzahl $\lambda < 1,15$ erreicht. Darüber hinaus wird eine Brennstoffeinsparung von mindestens 10 % bei der Ausrüstung/Nachrüstung einer Kesselanlage über die Anhebung des Jahresnutzungsgrads gespart,
50 d. h. die Anpassung der Anlage an den tatsächlich benötigten Energiebedarf erreicht wird.

Bei Öl-befeuerten Kesselanlagen ist eine Ölzerstäubungsdüse mit einem Winkel größer als 30° und kleiner als 60° bevorzugt. Die Einstellung der Kesselanlage erfolgt dabei entgegen der Meinung der Fachwelt mit erhöhter Pressung. Diese Art der Pressung bedeutet eine erhöhte Luftgeschwindigkeit hinter der Stauscheibe des Brenners. Hierbei
55 vermischt sich das durch die Düse fein zerstäubte Öl besser mit der sich schnell drehenden Frischluft. Es wird eine zur Verbrennung optimale Sättigung der Luft mit Öltröpfchen erreicht, was einen vollkommenen Ausbrand ermöglicht, da mit einer kompakteren längeren Flamme praktisch vollständig ausgebrannt werden kann; da kein Luftüberschuß herrscht, der die Flammengeschwindigkeit erhöht, kann die Flamme, die sicher in rezirkulierende Gasmassen eingebettet ist, unmöglich abreißen, anders als bei einer Einstellung nach dem Stand der Technik. Es wäre besonders gün-

stig, wenn kleinere Brennerleistungen eingestellt werden könnten und die Brennermindestleistung hierzu die Verwendung von Ölzerstäubungsdüsen für Durchsatzmengen kleiner als 0,3 gallons pro Stunde erlauben würde; derartige Düsen sind noch nicht auf dem Markt. Insgesamt wäre es für eine Öl-befeuerte Kleinkesselanlage günstig, wenn die Brennermindestleistung kleiner oder gleich 5 kW ist. Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn anstelle des recht starken Schwankungen in Art und Umfang von schmutzigen Zusätzen wie Altölresten unterliegenden Heizöls ein Stickstoffarmes Heizöl eingesetzt wird.

Wirkung des erfindungsgemäßen Einsatzes während der Start- und Abbrandphase:

Nach dem Vorbelüftungsbeginn werden die Luftmassen vom Flammrohr/Brennerrohr durch den Einsatz in Richtung Rückwand und Züge des Kessels gedrückt. Die relativ hohe Austrittsgeschwindigkeit der Luft aus dem Flammrohr/Brennerrohr bewirkt bereits vor der Zündung, daß die Luftmassen auch um den Einsatz herum in Bewegung gesetzt werden. Die Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung und die Injektionsöffnungen bewirken den Eintritt rezirkulierter Luft, teilweise senkrecht zur Luftströmung, der die Luftgeschwindigkeit in den verschiedenen Strömungsbereichen in einen konstanten Zustand bringt. Bis zum Eintritt der Luft in den Verdampfungsbereich wird die Strömungsgeschwindigkeit im Verzögerungsbereich verringert. Mit diesem Effekt wird eine hohe Füllung des Brennraumes erreicht und eine gleichmäßige Luftbewegung im erfindungsgemäßen Einsatz für die folgende problemlose Flammenbildung gegeben. Wenn der Lichtbogen oder Zündfunke den Ölnebel bzw. das gasführende Luftgemisch zündet, bildet sich eine Flammenlanze kurz hinter dem Flammrohrende durch den Einsatz in den Brennraum aus. Bei einem Brennerrohr bildet sich die Flammenlanze bereits etwa ab der Mitte des Brennerrohres aus.

Da mit dem erfindungsgemäßen Einsatz sehr niedrige Brennstoffdrucke wie z.B. bei Öl bis etwa 3 bar hinab und damit niedrige Strömungsgeschwindigkeiten im Kessel eingestellt werden können und da außerdem bereits während der Vorbelüftungszeit von etwa 30 bis 120 Sekunden stabile Strömungsverhältnisse geschaffen werden können, kann die Zündung sehr leise, weich und ohne den üblichen Verpuffungsknall erfolgen und eine hohe Betriebssicherheit der Heizungsanlage unter allen Umständen bewirkt werden, da eine geringe Brennstoffkonzentration mit einer verringerten Luftzufuhr nur ein zündfähiges, nicht aber ein verpuffungsfähiges Gemisch ermöglicht, zumal sich die Gasmassen bei der Zündung bereits in einer stabilen Durchströmung befinden.

Bereits in den ersten etwa 20 bis 40 Sekunden ab der Zündung werden nur geringfügig erhöhte Schadstoffbelastungen gegenüber dem Normalbetrieb erzeugt. Der CO-Ausstoß beträgt beim Anfahren einer Kleinf Feuerungsanlage weniger als 100 ppm, oft weniger als 50 ppm und sinkt kontinuierlich bis zum Erreichen der optimalen Einstellung der Luftzahl in etwa einer Minute ab Zündung auf Null. Die Verbrennung erfolgt von Anfang an in einem vergleichsweise schmalen Flammenbündel und verläuft kontrolliert und sehr stabil über die gesamte Länge des erfindungsgemäßen Einsatzes. Die Flamme ist bei guter Einstellung im mittleren Teil des Verdampfungsbereiches annähernd zylindrisch ausgebildet und öffnet sich zum Auslaß ein wenig. Sie ist vergleichsweise schmal und lang. Sie ragt dann geringfügig über den Auslaß hinaus. Unter diesen Bedingungen brennt die Flamme ohne Flackern, ruhig, stabil und langsam und schlägt nicht an den Wänden des Einsatzes an. Die rezirkulierenden Gase werden durch die Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung und durch die möglichst senkrecht zum Flammenkern angeordneten Injektionsöffnungen angesaugt. Durch die derart in den Flammenkern injizierten Gase erfolgt eine nahezu vollständige Verbrennung der in den rezirkulierenden Gasmassen enthaltenen, noch oxidierbaren Stoffe sowie eine Kühlung der Flamme und des Einsatzes. Die noch darin enthaltenen Kohlenwasserstoffe und das restliche Kohlenmonoxid werden oxidiert, ohne daß der niedrige Anteil an Stickoxiden erhöht wird. Die Einsätze aus Keramik werden aufgrund der Werkstoffeigenschaften und des Herstellverfahrens bevorzugt mit einer Wandstärke von 3 bis 16 mm, besonders bevorzugt mit 3,5 bis 6 mm gefertigt und können den injizierten Luftstrom eher ausrichten als die in der Regel deutlich dünnwandiger gestalteten metallischen Einsätze.

Die erfindungsgemäß umlaufenden Luftmassen bewirken folgende Vorteile:

- Der durch die Vorbelüftung aufgebaute Unterdruck (Sog) am Einsatz-Einlaß erweist sich als hilfreich, denn die Ausbreitung der Flamme erfolgt sehr weich und kontrolliert. Durch die umlaufenden Gase bildet sich die Flamme sehr schlank, stark konzentriert und länger aus, als wenn die Flamme nach dem Stand der Technik auf sich stauende Luftmassen trifft. Die Flamme wird sofort ab der Zündung und im weiteren Betrieb sicher und stabil über die ganze Länge des Einsatzes geführt, wodurch die Verbrennung des Gemisches vollständiger erfolgt. Hierdurch kann bei Ölfeuerungsanlagen ein Öldruck von etwa 3 bis 12 bar eingestellt werden, bevorzugt zwischen 4 und 8 bar, besonders bevorzugt zwischen 5 und 7 bar, sodaß eine lange Wärmeübertragungszeit erreicht werden kann. Die Heizungsanlage startet sehr leise. Verpuffungsknall, Flammen- und Luftströmungsgeräusche sind soweit herabgesetzt, daß nur noch Laufgeräusche des Brenners wahrzunehmen sind. Auch im weiteren Betrieb sind nur die Laufgeräusche zu hören.
- Ein nicht unerheblicher Vorteil wird auch durch das Flammenbild angedeutet: Es sind keinerlei rußbildende Ausfransungen am Flammenrand wie nach dem Stand der Technik üblich zu sehen, die im Übergangsbereich von

dynamischer Luftmasse (Flamme) zu statischer Luftmasse vorhanden sind. Beim Betrieb nach dem Stand der Technik bewirkt unbewegte Luft im Brennraum die Aufspaltung der Flamme, was als Bremseffekt der konvergierenden Moleküle bekannt ist. In allen optimierten Einstellungen der erfindungsgemäßen Heizungsanlage wird im Betrieb kein Ruß erzeugt; eine CO-Emission ist nicht mehr meßbar.

5

- Die Sturmstabilität der Flamme ist ausgezeichnet, d.h. die Flamme kann auch unter extremen, Wetter bedingten Schwankungen des Kaminzuges nicht abreißen, und der Brenner kann mit niedrigem Brennstoffdruck und geringer Luftgeschwindigkeit betrieben werden.

10

- Der Brennraum ist hoch gefüllt.

15

- Die hohe Umlaufgeschwindigkeit der rezirkulierenden Gasmassen führt zu einem hohen Durchsatz an rückgewonnenen Abgasmassen und somit zu einer sehr hohen Flammentemperatur von meist 1700 bis 2000 °C im Flammenkern, was zwangsläufig eine bessere Ausnutzung der zugeführten Energie, also eine vollständigere Verbrennung mit saubereren Abgasen zur Folge hat. Die erfindungsgemäß betriebene Heizungsanlage kann mit deutlich geringerem Energieaufwand bei gleicher Heizleistung betrieben werden.

20

Die den Flammenkern umgebenden Gasmassen werden durch den Sog des Einsatzes ab dem Ende des Flammrohres/Brennerrohres beschleunigt, bevor der sich erweiternde und die Gasmassen bremsende Verzögerungsbereich erreicht wird. Der sich öffnende Verzögerungsbereich ist auf seiner Umfangsfläche mit einer bestimmten Anzahl von in Abstand zueinander liegenden, in der Regel gleich großen und möglichst senkrecht zur Mittellinie geführten Injektionsöffnungen versehen. Durch diese Injektionsöffnungen werden rückgesaugte Gase mit relativ hoher Geschwindigkeit von außen radial auf die durch den Einsatz strömenden Gasmassen geführt.

25

Das Aufeinandertreffen zweier Gasströme im rechten Winkel und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Massen bewirkt aufgrund der Injektion eine optimale Durchmischung der nachzuverbrennenden Gase mit dem Flammenkern. Hinderliche Lamellen oder Umlenkscheiben werden vermieden.

30

Dies hat zur Folge, daß ein hoher Anteil des restlichen Sauerstoffs und der restlichen Kohlenwasserstoffe des rezirkulierten Gasmassenstromes bei erneuter Führung durch den Verdampfungsbereich aufgrund der langsameren Strömung an den sehr heißen Wänden des Einsatzes nachverbrannt wird, bevor das Abgas durch die Züge in den Kamin und ins Freie gelangen kann. Der Verdampfungsbereich wird so bezeichnet, weil die von der Flamme nicht verbrannten Kohlenwasserstoffe und andere oxidierbare Stoffe hier in der Regel aufgrund der Hitze verdampfen. Die Einstellung der Heizungsanlage kann so gewählt werden, daß keine Kohlenmonoxidspuren mehr im Abgas nachweisbar sind.

35

Nach dem Beginn des Abbrandes stellen sich im Brennraum stabile Strömungs- und Abbrandverhältnisse wie in Figur 2 dargestellt ein. Die Sturmstabilität der Flamme ist ausgezeichnet. Der Ausbrand erfolgt mit längerer Flamme, vollständigerer Verbrennung und geringerem Schadstoffausstoß. Der Kohlendioxid-Gehalt im Rauchgas steigt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bis auf etwa 14 %, die Abgastemperatur liegt um etwa 40 bis 60 °C bei der Nachrüstung von Altanlagen und um etwa 20 °C bei Neuanlagen niedriger als im Vergleich zum Betrieb nach dem Stand der Technik. Die Brennerlaufzeit soll für einen optimalen Jahresnutzungsgrad bei minimalem Energieverbrauch mindestens 2000 Stunden betragen, was einer bedarfsangepaßten, gleitend gefahrenen Anlage nahe kommt. Die Aufheizzeit des aufzuheizenden Wassers für eine Temperaturerhöhung um beispielsweise 10 °C wird gehalten oder geringfügig verlängert, je nach der Leistungsreduzierung. Das ist gleichbedeutend mit einer besseren Wärmeübertragung bei gleichzeitig erheblich gesenkter Energiezufuhr, sodaß der feuerungstechnische Wirkungsgrad η_F gehalten oder bis auf etwa 92 bis 98 % gesteigert wird. Hieraus resultieren längere Brennerlaufzeiten und um etwa 20 bis 30 % längere Stillstandszeiten im Dauerbetrieb. Dies führt zu etwa 30 % weniger Starts pro Stunde als bei Anlagen, die nach dem Stand der Technik betrieben werden. Dennoch kann hierbei um 35 bis 50 % Brennstoff gespart werden. Ohne eine Anpassung der Brennerleistung fährt jedoch eine nach dem Stand der Technik ausgelegte Heizungsanlage mit viel zu hoher Leistung und verschwendet reichlich Brennstoff.

50

Bei der Nachrüstung von Heizungsanlagen nach dem Stand der Technik mit einem erfindungsgemäßen Einsatz ist der Brenner in seiner Leistung zu drosseln, indem der Öl- bzw. Gasdruck verringert wird und der Staudruck vor einer Stauscheibe (Pressung) sowie die Frischluftmenge der neuen Leistung und damit dem deutlich verringerten Brennstoffangebot angepaßt und dabei immer stark gesenkt wird. In der Regel wird auch hierbei der Volumenstrom des Brennstoffs, gemessen in Kilogramm pro Stunde, um etwa 35 bis 50 % gegenüber der Brennerleistung verringert. Im Rahmen der Optimierung der anzupassenden nachzurüstenden Heizungsanlage wird die Brennerleistung in einem ersten Schritt um etwa 40 % gegenüber der Brennerleistung reduziert, jedoch nicht auf weniger als 50 % der Kessel-nennleistung; der Mindestdurchsatz des Brenners an Brennstoff darf ebenfalls nicht unterschritten werden. Diese Art der Einstellung ist weniger empfindlich gegen Einflüsse im realen Dauerbetrieb und daher langlebiger als nach dem Stand der Technik. Die Leistungsreduzierung ist individuell anzupassen. Mit Brennerleistung wird die Leistung bezeichnet, die unter normalen Bedingungen bei einem nach dem Stand der Technik eingestellten Brenner erzielt wird.

55

Es war überraschend, daß

EP 0 778 447 A2

- selbst bei nach dem Stand der Technik optimal eingestellten Anlagen der jüngsten Generation ohne Probleme 30 % und mehr Brennstoff bei gleicher Heizleistung gespart werden kann;
- die Schadstoffemissionen dauerhaft niedrig bleiben und die Anforderungen der strengen Schweizer Luftreinhalteverordnung (LRV) vom Januar 1992 unter Verwendung von Prüföl unterschritten werden kann;
- 5 - die Luftzahl λ auf Werte $< 1,15$ eingestellt werden kann und dennoch ein dauerhaft sicherer Betrieb der Anlage möglich ist;
- die Wärmeabgabeleistung des Einsatzes überragend gut ist, was sich im niedrigen Brennstoffbedarf im Verhältnis zur Aufheizzeit zeigt als Hinweis auf die bessere Ausnutzung der zugeführten Energie;
- 10 - die Temperatur des Heizungswassers im Wärmetauscher bei erfindungsgemäßigem Betrieb im ganzen Wärmetauscher und auch über die Betriebszeit praktisch konstante Temperatur aufweist. Nach dem Stand der Technik würde eine Differenz der Wassertemperaturen zwischen Kesselvorderseite und -rückseite von etwa 20 bis 40 °C auftreten. Das spricht für eine sehr gleichmäßige Temperaturbeaufschlagung der Wärmetauscherwände.

15 Der erfindungsgemäße Einsatz kann bei allen Arten von Heizungsanlagen mit einem gas- und wasserdichten Kessel in Verbindung mit einem Brenner für flüssigen oder gasförmigen Brennstoff eingesetzt werden, um das Emissionsverhalten bei gleichzeitiger Energieeinsparung zu verbessern. Es können hiermit sowohl Neuanlagen ausgestattet werden, als auch Altanlagen, die die Werte beispielsweise der 1. BImSchV und TA Luft nicht erfüllen, preisgünstig und effektiv nachgerüstet werden. Bei Neuanlagen zeigt sich, daß durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Einsatzes entgegen der Meinung der Fachwelt eine deutliche Steigerung der Leistungsumsetzung der zugeführten Energie

20 von etwa 25 bis 50 % erzielt wird und daß trotz dieser Leistungsumsetzung der CO-Ausstoß von etwa 30 bis 70 ppm CO auf Null und der NO_x-Ausstoß gleichzeitig auch gesenkt werden kann. Die Rauchgasmessungen erfolgten in der Meßöffnung des Rauchgasrohres der Anlage.

Aus Tabelle 1 können Vorgaben des Gesetzgebers in Deutschland und Tendenzen der Emissionsminderung und Energieeinsparung entnommen werden.

25

30

35

40

45

50

55

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Tabelle 1: Tendenzen der Emissionsminderung und Energieeinsparung bei Kleinheizungsanlagen

	typische Alkanlage im Leistungsbereich bis 100 kW	Vorgaben der TA Luft/1. BimSchV - je nach Anlage bzw. Brennstoff variierend	Vorgaben der Schweizer LRV je nach Anlage variierend	typische nach dem Stand der Technik nachgerüstete Anlage mit neuem Brenner	typische Neuanlage nach dem Stand der Technik	erfindungsgemäß nachgerüstete Altanlage	erfindungsgemäß ausgerüstete Neuanlage
Erfüllungsgrad der Verordnungen +	nicht	-	-	mit Mühe	gut	optimal	optimal
CO-Ausstoß mg/m ³ *	180 - 2000 [#]	100 - 170	80 - 150	100 - 300	50 - 60	0 - 8	0
NO _x -Ausstoß mg/m ³ *	75 - 250	200 - 450	80 - 120	120 - 220	180 - 220	160 - 200	140 - 180
Abgasverlust %	zu hoch	< = 10...18	-	nahe Grenzwert der 1. BimSchV	ca. 10	5 - 8 [§]	3 - 6
Rußzahl	ca. 3	< = 1...3	< = 1...2	ca. 2	ca. 1	0	0
Brennstoffart	Heizöl EL	Prüfö!l	Prüfö!l	Heizöl EL	Heizöl EL	Heizöl EL	Heizöl EL
Brennstoffverbrauch	sehr hoch	-	-	sehr hoch (A)	hoch (B)	20 - 40 % geringer als A	40 - 50 % geringer als B
Leistungsumsetzung	sehr schlecht	-	-	sehr schlecht	unzureichend	optimal	optimal

+ TA Luft bzw. der 1. BimSchV * bei 3% O₂ [#] je nach Luftüberschuß [§] je nach Dichtigkeit

Unter Abgasverlust wird der Verlust von nicht genutzter Wärme verstanden, der bei ungünstiger Verbrennung durch Bildung von CO, Ruß und Ölkoks auftritt. Er wird nach der 1. BimSchV aus dem Meßwert des CO₂- oder O₂-Gehaltes im Abgas abgeleitet. Die Rußzahl gibt die Verbrennungsqualität an: Je besser die Verbrennung ist, desto

weniger Ruß wird gebildet und desto niedriger ist die Rußzahl.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Werte der deutschen Verordnungen gelten für die Verwendung von Prüfül, mit dem wegen der Reinheit zwangsläufig weit günstigere Werte erzielt werden als mit dem üblicherweise verbrannten Heizöl EL. Für die Meßergebnisse an den Anlagen wurde jedoch mit handelsüblichem Heizöl EL gearbeitet, so daß die Meßwerte etwa um mindestens 30 % schlechter sind im Vergleich zum Betrieb mit Prüfül, aber den realen Betrieb widerspiegeln. Es ist zu beachten, daß bei Kleinheizungsanlagen keine Überwachung in kurzen regelmäßigen Abständen auftritt und selbst dann nur der Abgasverlust und die Rußzahl überprüft werden. Der NO_x -Ausstoß kann bei typischen Altanlagen auch sehr gering ausfallen, wenn diese Anlage mit sehr viel Luft, kalter Flamme, hohem CO -Ausstoß und besonders schlechter Leistungsumsetzung betrieben wird.

Beispiele und Vergleichsbeispiele:

Die Versuche wurden weitestgehend vergleichbar und unter Verwendung eines sensiblen Gasanalysegeräts der jüngsten Generation durchgeführt. Die benutzten Anlagen erfüllen die TA Luft und die 1. BImSchV. Die Messungen erfolgten nicht mit Prüfül als Brennstoff, wie das üblicherweise geschieht und dann deutlich günstigere Meßwerte als im realen Betrieb aufzeigt, sondern mit handelsüblichem Heizöl EL. Die Tabelle 2 gibt die Ergebnisse der Versuche ohne und mit dem erfindungsgemäßen Einsatz und mit einem Heizeinsatz von Schneidawind-Technologie für eine Kessel-Brenner-Kombination wieder; sie wurden innerhalb weniger Stunden hintereinander in der Reihenfolge der Nummerierung ausgeführt.

Mit η_F wird der feuerungstechnische Wirkungsgrad, der die Abgasverluste berücksichtigt, und mit λ der Lambda-Wert, auch als Luftzahl bezeichnet, zur Kennzeichnung des Sauerstoffgehalts im Abgas über $\text{CO}_{2\text{theoretisch max.}}$ zu $\text{CO}_{2\text{gemessen}}$ errechnet. Der Abgasverlust wird aus der Differenz des feuerungstechnischen Wirkungsgrades zu 100 % abgeleitet. Je niedriger der Wert für die Luftzahl λ bei einem CO -Ausstoß von 0 ppm ist, desto höher ist die Flammkerntemperatur und desto vollständiger ist die Verbrennung. Die Meßwerte von O_2 , CO_2 und λ - gemessen im Abgas des Rauchgasrohres - verlaufen relativ streng proportional bzw. umgekehrt proportional zueinander. Die Kesseltemperatur wurde am Kesselthermometer abgelesen, die Abgastemperatur in der Meßöffnung des Rauchrohres. Der Feinzug charakterisiert die Strömungsgeschwindigkeit der Gasmassen vom Kessel zum Kamin, wobei Werte um -0,05 sehr günstig und um -0,10 günstig sind. Die Zeit zum Aufheizen des die Wärme aufnehmenden Heizungswassers um z. B. 10 °C (Aufheizzeit) ist ein Maß für die Wärmeübertragungsleistung. Für die Versuche wurden 64 l Wasser in einem geschlossenen Kreislauf bewegt. Unter den aufgeführten Meßwerten sollten insbesondere die Werte für η_F und CO_2 möglichst hoch und für λ , Abgastemperatur, Aufheizzeit, O_2 , CO , NO und NO_x möglichst niedrig ausfallen. Die Rußzahl war beim Beispiel B. 3 noch nicht Null, da mit zu hoher Leistung gefahren wurde, ist aber bei B. 4 optimal. Im Abgas wurden nie Öltröpfchen gefunden. Die Leistungsumsetzung und Brennstoffersparnis ist an der zugeführten Heizleistung in Verbindung mit der Aufheizzeit und indirekt aus den Abgasanalysewerten ableitbar. Je kleiner die zugeführte Energiemenge bei gleicher Aufheizzeit ist, desto besser wird der eingesetzte Brennstoff in Wärmeenergie umgesetzt.

Tabelle 2: Meßergebnisse bei den Versuchen an einer Heizungsanlage, bei der der Heizeinsatz variiert bzw. weggelassen wurde.

Versuche: Beispiel = B. Vergleichsbeispiel = VB.	VB. 1	VB. 2	B. 3	B. 4	VB. 5	VB. 6
Heizungsanlage	Anlage A	Anlage A	Anlage A	Anlage A	Anlage A	Anlage A
Ölzerstäub.düse mm ID	0,55	0,55	0,55	0,40	0,40	0,40
Öldruck bar	12	12	12	7	7	7
Heizleistung kW	20,8	20,8	20,8	11	11	11
Ölverbrauch kg/h	1,95	1,95	1,95	1,05	1,05	1,05
Ausstattung/Betrieb	ohne Heizeinsatz	mit Heizeinsatz von Schneida-wind-Technolog.	mit erfindungs-gemäßigem Keramik-Einsatz	mit erfindungs-gemäßigem Keramik-Einsatz	mit Heizeinsatz von Schneida-wind-Technolog.	ohne Heizeinsatz
Feuert. Wirkgrad η_F %	91,6	91,9	92,9	94,3	94,1	94,4
Abgasverlust %	8,4	8,1	7,1	5,7	5,9	5,6
Feinzug hPa	-0,11	-0,10	-0,10	-0,11	-0,10	-0,09
Luftzahl λ	1,20	1,17	1,13	1,13	1,18	1,20
Rußzahl	1	1	0...0,5	0	1...0,5	3...5
Lufttemperatur °C	20,7	19,4	19,6	20,1	20,7	20,8
Abgastemperatur °C	202,6	199,5	182,5	151,0	151,1	141,3
Kesseltemperatur °C	60,0	60,0	60,0	60,0	70,0	70,0
Aufheizzeit min sec	5' 47"	4' 38"	3' 52"	4' 7"	5' 13"	11"
bei ...°C → ...°C	50→60	50→60	50→60	50→60	60→70	60→70

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

O ₂ , Luftüberschuß	%	3,6	2,4	2,4	2,4	3,3	3,6
CO ₂	%	12,8	13,6	13,6	13,1	13,0	12,8
CO	ppm	16	5	5	15	6	148
	mg/m ³ bei 3%O ₂	20	6	6	18	7	191
	mg/kWh	21	6	6	19	7	195
CO maximal in der Startphase	ppm	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	84	758
NO	ppm	102	105	106	106	107	89
NO _x	mg/m ³ bei 3%O ₂	141	136	143	143	145	123
NO _x	mg/kWh	228	221	231	231	235	198
Anlage A: Kessel: Wolf, 22kW, Baujahr 1992, heiße Brennkammer; Brenner: Hansa HVS 5.1, Baujahr 1992, mit Ölvorwärmung, Ölerstäubungsdüse Fluidics mit 45°; Gasanalysegerät: MRU 89/5 VARIO, Version 3,01. Einstellungen: CO ₂ max. 15,4 %, O ₂ -Bezug: 3 %. Brennstoff: Heizöl EL.							

Die Versuche zur Tabelle 2 wurden innerhalb weniger Stunden ausgeführt. Zuerst wurde die Anlage für den Betrieb ohne Heizeinsatz optimal eingestellt; diese Einstellung wurde für die Versuche VB. 1, VB. 2 und B. 3 unverändert gelassen. In der Reihenfolge dieser Versuche zeigt sich eine sukzessive Verbesserung der Meßergebnisse allein durch Einsetzen des Heizeinsatzes von Schneidawind-Technologie und anschließend stattdessen des erfindungsgemäßen

Einsatzes. Mit dem erfindungsgemäßen Einsatz werden im Beispiel 3 vor allem bei Luftüberschuß, CO_2 , CO, Luftzahl λ , Aufheizzeit bei konstanter Heizleistung und Abgastemperatur, aber auch bei dem feuerungstechnischen Wirkungsgrad η_F und Abgasverlust deutliche Verbesserungen erzielt. Da die Anlage für das Beispiel 3 mit zuviel Leistung und nicht mit der erfindungsgemäßen Einstellung betrieben wurde, wurde noch zuviel CO und NO_x ausgestoßen, und der Abgasverlust war noch zu hoch. Daher wurde der Brenner für den Versuch 4 mit dem erfindungsgemäßen Einsatz auf die Heizungsanlage erfindungsgemäß abgestimmt. Die Heizleistung wurde von 20,8 auf 11 kW, der Ölverbrauch von 1,95 auf 1,05 kg/h um 46 % reduziert. Die Anlage hätte sogar mit kleinerer Heizleistung betrieben werden können, wenn Brenner mit kleinerer Leistung als 1,0 kg/h Öldurchsatz hergestellt werden würden. Ölzerstäubungsdüse und Öldruck wurden entsprechend angepaßt. Durch diese Maßnahmen konnten die Emissionen von CO, NO und NO_x sowie der Abgasverlust und die Abgastemperatur merklich gesenkt werden, während die Aufheizzeit trotz der drastischen Senkung des Ölverbrauchs um nur 15 Sekunden anstieg. Die Einstellung für das Beispiel 4 gibt innerhalb dieser Versuchsreihe das Optimum wieder und wurde anschließend für die Vergleichsbeispiele 5 und 6 mit dem Heizeinsatz von Schneidawind-Technologie bzw. ohne jeglichen Heizeinsatz belassen. Es zeigt sich in der Reihenfolge dieser Versuche eine sukzessive Verschlechterung. Ohne jeglichen Heizeinsatz arbeitet eine Anlage bezüglich der Aufheizzeit und des CO-Ausstoßes sehr schlecht. Weil der Brennraum für die Leistung zu groß und damit die Energieumsetzung schlecht ist, ist die Temperaturentwicklung im Brennraum sehr niedrig. Dies wird durch die Abgastemperatur angezeigt. Bei einer niedrigen Flammentemperatur wird wenig an Stickoxiden und viel an CO gebildet. Je sauberer die Abgase sind, d. h. je weniger sie an CO und restlichen Kohlenwasserstoffen aufweisen, desto größer ist - entgegen der Meinung der Fachwelt - die Wärmeübertragung.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß bei den Vergleichsbeispielen VB. 5 und VB. 6 die Einstellung der Heizungsanlage nicht in der im Stand der Technik bekannten Weise wie mit einem Heizeinsatz von Schneidawind-Technologie üblich erfolgte, sondern um der besseren Vergleichbarkeit mit einer erfindungsgemäßen und deswegen deutlich verbesserten Einstellung vorbereitet und nach einem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben wurde. Daher liegen die Meßergebnisse mit dem Heizeinsatz von Schneidawind-Technologie näher bei denen des erfindungsgemäßen Einsatzes als bei nach dem Stand der Technik eingestellten Anlagen. Obwohl der Einsatz und der Heizeinsatz geometrisch ähnlich und für eine vergleichbare Leistung ausgelegt sind, wird der Heizeinsatz in diesem Versuch bereits bei so hoher Leistung betrieben, daß er bei Fortführung dieses Versuches innerhalb kurzer Betriebszeit von wahrscheinlich einem oder wenigen Tagen verzündert und zerstört werden würde.

Der für diese Versuche eingesetzte erfindungsgemäße Einsatz wies im Vergleich zu dem hierbei parallel verwendeten Heizeinsatz von Schneidawind-Technologie folgende Abmessungen und Öffnungen auf:

Tabelle 3

Kennzeichen des für die Versuche der Tabelle 2 verwendeten Einsatzes bzw. Heizeinsatzes.			
	erfindungsgemässer Einsatz	Heizeinsatz von Schneidawind-T.	
5	Einlaßinnendurchmesser mm	106	105
10	Auslaßinnendurchmesser mm	136	135
	Gesamtlänge mm	210	185
	Wandstärke mm	4	2
	Länge Beschleunigungsbereich mm	24	20
15	Länge Verzögerungsbereich mm	36	45
	Länge Verdampfungsbereich mm	150	120
	Zahl der Injektionsöffnungen	12	13
20	Lamellen im Inneren	ohne Lamellen	mit Lamelle an jeder Öffnung
	Gesamtfläche der Injektionsöffnungen mm ²	1472	2892
25	freie Querschnittsfläche am Einlaß mm ²	8824	8659
	freie Querschnittsfläche am Auslaß mm ²	14526	14314
	Volumen Beschleunigungsbereich mm ³	212000	173200
	Volumen Verzögerungsbereich mm ³	416100	511600
30	Volumen Verdampfungsbereich mm ³	2180000	1718000

Tabelle 4 verdeutlicht den überraschend hohen Einfluß der geometrischen Auslegung der Injektionöffnungen.

35

40

45

50

55

Tabelle 4

Einfluß der Gestaltung der Injektionsöffnungen beim erfindungsgemäßen Einsatz.			
Beispiel	B. 7	B. 8	B. 9
Heizungsanlage	Anlage B	Anlage B	Anlage B
Ölzerstäubungsdüse mm ID	0,35	0,35	0,35
Öldruck bar	8	8	8
Heizleistung kW	10,5	10,5	10,5
Ölverbrauch kg/h	0,95	0,95	0,95
Ausführung des erfindungsgemäßen Einsatzes mit Öffnungen auf der Mantelfläche mm	1 Reihe mit 9 Bohrungen Ø 15	1 Reihe mit 12 Bohrungen Ø 13	2 Reihen mit je 18 Bohrungen Ø 10 und Ø 5
Summe der Flächen mm ²	1589	1592	1767
Saugabstand zum Flammrohr mm	20	20	20
Feuert. Wirkungsgrad η_F %	92,4	92,9	92,5
Abgasverlust %	7,6	7,1	7,5
Feinzug hPa	-0,09	-0,10	-0,14
Luftzahl λ -	1,20	1,15	1,20
Lufttemperatur °C	21,1	21,9	21,9
Abgastemperatur °C	185,4	180,5	183,8
Kesseltemperatur °C	75,0	75,0	80,0
O ₂ , Luftüberschuß %	3,6	2,9	3,5
CO ₂ %	12,8	13,3	12,8
CO ppm	0	0	0
CO mg/m ³ bei 3% O ₂	0	0	0
CO mg/kWh	0	0	0
NO ppm	79	78	79
NO _x mg/m ³ bei 3% O ₂	109	103	108
NO _x mg/kWh	176	167	176
Anlage B: Viessmann Vitola biferal, 21 kW, Baujahr 1992. Brenner: Intercal SLV 10, 1,1-3,5 kg/h, Baujahr 1994. Ölzerstäubungsdüse: Fluidics mit 45°. Gasanalysegerät: MRU 89,5 VARIO, Version 3,01. Einstellungen: CO ₂ max. 15,4 %, O ₂ -Bezug: 3 %. Brennstoff: Heizöl EL.			

50

Die Versuche B. 7 bis B. 9 verdeutlichen beispielhaft mit der Variation der Zahl und Größe der Injektionsöffnungen und der Zahl der Reihen, wie empfindlich eine Kleinf Feuerungsanlage unter gleichen Betriebsbedingungen und Einstellungen auf geometrisch unterschiedlich ausgelegte Einsätze reagiert. Es wurden vergleichbare Einsätze aus silicatisch gebundener Siliciumcarbidkeramik verwendet. Die innerhalb dieser drei Versuche besten Ergebnisse wurden beim Beispiel 8 mit einer Reihe von 12 Injektionsbohrungen von 13 mm Ø erzielt. Im Versuch B. 10 wurde ermittelt, daß noch bessere Ergebnisse mit einem Einsatz mit einer Reihe von 12 Injektionsbohrungen von 12,5 mm Ø erreicht werden.

55

Wenn die Injektionsöffnungen auf der Mantelfläche des Verzögerungsbereichs zu kleine Querschnittsflächen aufweisen, ergibt sich eine geringere Leistungsumsetzung, ein hoher, schneller Feinzug, ein höherer Luftbedarf, ein klei-

neres Flammenvolumen und eine höhere Abgastemperatur.

Wenn die Injektionsöffnungen auf der Mantelfläche des Verzögerungsbereichs zu kleine Querschnittsflächen aufweisen, treten hohe CO-Emissionen, ein hoher Luftüberschuß, eine zu geringe Vermischung der Gase im Einsatz und ein Zerschlagen der Flamme auf.

5 Wenn die Injektionsöffnungen nicht auf der Mantelfläche des Verzögerungsbereichs, sondern im vorderen bis mittleren Teil des Verdampfungsbereichs angeordnet sind, treten erhöhte CO- und geringere CO₂-Emissionen auf, die Flamme brennt sehr unruhig und die Wärmeübertragung fällt ab.

10 Wenn der Beschleunigungsbereich zu kurz ist, wird eine geringere Menge an Rezirkulationsgas durchgesetzt, die Leistungsumsetzung nimmt ab. Der Flamme fehlt die Bündelung im Einsatz und brennt sehr unruhig, wobei die Verbrennung wegen der verminderten Sogwirkung instabil ist.

Wenn der Beschleunigungsbereich zu lang ist, schlägt die Flamme an die Wände des Beschleunigungsbereiches und bildet CO und Ruß.

Wenn der Verzögerungsbereich zu kurz oder sich zu wenig aufweitend ist, können sich die rezirkulierenden Gase nicht mit dem Flammenkern vermischen, was zu einer schlechteren Leistungsumsetzung führt.

15 Wenn der Verzögerungsbereich zu lang oder sich zu weit aufweitend ist, wird die Gasgeschwindigkeit zu sehr reduziert, und die Umlaufgeschwindigkeit der Gase um den Einsatz nimmt zusammen mit der Leistungsumsetzung ab.

Wenn der Verdampfungsbereich zu kurz ist, steigt der NO_x-Gehalt wieder an.

Wenn der Verdampfungsbereich zu lang ist, ist die Flamme kühler, und der CO-Gehalt steigt.

20 Wenn die Querschnittsflächen des Einlasses zu gering sind, nimmt die rezirkulierte Gasmenge ab. Der Flammendurchmesser ist dann zu groß, die Flamme stößt an den Wänden des Einsatzes an, und CO und Ruß werden gebildet.

Wenn die Querschnittsflächen des Einlasses zu groß sind, ist die Sogwirkung zu schwach und die rezirkulierte Gasmenge nimmt ab.

Patentansprüche

- 25
1. Einsatz mit mindestens drei Bereichen zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm in einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Brenner, dem der Einsatz im Brennraum nachgeschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, daß sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich ein sich aufweitender Verzögerungsbereich mit Injektionsöffnungen und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich mit größerer Querschnittsfläche als beim Beschleunigungsbereich anschließen, wobei das Innere frei von Lamellen ist, die die Ausbildung einer vergleichsweise schmalen langen Flamme beeinträchtigen.
 - 30
 2. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er einteilig in Keramik ausgeführt ist.
 - 35
 3. Einsatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er mehrteilig ausgeführt ist und mindestens eines der Teile aus Keramik ist.
 - 40
 4. Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm in einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Brenner, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr des Brenners und der nachgeschaltete Einsatz zusammen einteilig oder mehrteilig ausgeführt sind, daß zwischen dem Rohrabschnitt und dem Einsatzabschnitt mindestens eine Saugöffnung eingebracht ist und daß der Einsatzabschnitt im Inneren frei von Lamellen ist, die die Ausbildung einer vergleichsweise schmalen langen Flamme beeinträchtigen, und mindestens drei Bereiche aufweist, wobei sich einem rohrförmigen Beschleunigungsbereich ein sich aufweitender Verzögerungsbereich mit Injektionsöffnungen und ein rohrförmiger Verdampfungsbereich mit größerer Querschnittsfläche als beim Beschleunigungsbereich anschließen.
 - 45
 5. Einsatz nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß er in Keramik ausgeführt ist.
 - 50
 6. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Injektionsöffnungen in Form von Bohrungen, verrundeten Ausnehmungen, Polygonen oder Schlitzen ausgeführt sind.
 7. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Injektionsöffnungen regelmäßig angeordnet sind.
 - 55
 8. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Injektionsöffnungen in mindestens einer Reihe senkrecht zur Mittellinie des Einsatzes auf der Mantelfläche angeordnet sind.
 9. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß er senkrecht zur Mittellinie kreisrunde

Querschnitte aufweist und die Injektionsöffnungen innerhalb jeder Reihe äquidistant angeordnet sind.

- 5
10. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Injektionsöffnungen senkrecht auf die Mittellinie gerichtet sind.
11. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß seine Wandstärke mindestens 1 mm und maximal 25 mm beträgt.
- 10 12. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Volumens des Verdampfungsbereiches zum Volumen des Beschleunigungsbereiches 5:1 bis 15:1 beträgt.
13. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Volumens des Verdampfungsbereiches zum Volumen des Verzögerungsbereiches 2:1 bis 6:1 beträgt.
- 15 14. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der freien Querschnittsfläche am Auslaß des Einsatzes zur Summe der Flächen der Injektionsöffnungen auf der Mantelfläche des Verzögerungsbereiches 3:1 bis 15:1 beträgt.
- 20 15. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der freien Querschnittsfläche des Auslasses des Einsatzes zu der des Einlasses 1,1:1 bis 5:1 beträgt.
16. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Länge des Einsatzes in Richtung der Mittellinie zum Querschnitt an seinem Auslaß als Äquivalentkreisdurchmesser 1:1 bis 2:1 beträgt.
- 25 17. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß er längs oder/und quer geteilt ist.
18. Einsatz nach Anspruche 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Teile des Einsatzes ineinandergesteckt, geklemmt oder/und zusammengekittet sind.
- 30 19. Einsatz nach einem der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß er aus Silicatkeramik, Siliciumcarbidkeramik oder Siliciumnitridkeramik besteht.
20. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß er auf einem Auflager gelagert ist und daß das Auflager des Einsatzes aus Keramik ist.
- 35 21. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß er über Bohrungen, punktförmige oder/und linienförmige Kontakte auf einem Auflager gelagert ist.
22. Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß er über Befestigungsmittel wie Stege, Überstände, Ösen, Haken gelagert oder aufgehängt ist.
- 40 23. Gas- und wasserdichte Kesselanlage mit einem Brenner und einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einem Einsatz nach einem der Ansprüche 1 bis 22 ausgerüstet oder nachgerüstet ist.
- 45 24. Kesselanlage nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Überlappung des Rohrs des Brenners mit dem Einsatz auf einer Länge bis zur Länge des Beschleunigungsbereichs oder der Saugabstand zwischen dem Rohr des Brenners und dem Einlaß des Einsatzes bis zur 2,5-fachen Länge des Beschleunigungsbereiches beträgt oder bei einem mit dem Rohr des Brenners zusammen ausgeführten Einsatz mindestens eine Saugöffnung von insgesamt mindestens 1000 mm² aufweist.
- 50 25. Kesselanlage nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ölzerstäubungsdüse mit einem Winkel größer als 30° und kleiner als 60° eingesetzt ist.
- 55 26. Kesselanlage nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Kleinkesselanlage eine Ölzerstäubungsdüse für eine Durchflußmenge kleiner als 0,3 gallons pro Stunde eingesetzt ist.
27. Verfahren zum Abstimmen eines Brenners auf eine gas- und wasserdichte Kesselanlage mit einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen

weniger als 1 mm, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Kessel zugeführte Leistung des Brenners, bezogen auf die Nennleistung eines nach dem Stand der Technik ausgelegten Kessels, um mindestens 10 %, jedoch nicht um mehr als 60 % unterschritten wird, wobei aber auch der Brennstoffmindstdurchsatz des Brenners nicht unterschritten werden darf.

5

28. Verfahren zum Abstimmen eines Brenners auf eine gas- und wasserdichte Kesselanlage mit einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftzufuhr des Brenners bei einer nach dem Stand der Technik ausgelegten Anlage um mindestens 10 % in Bezug auf die Normaleinstellung des Brenners auf die Anlage nach dem Stand der Technik, jedoch um nicht mehr als 60 % reduziert wird.

10

29. Verfahren zum Abstimmen eines Brenners auf eine gas- und wasserdichte Kesselanlage mit einem Einsatz zur Verbrennung der Brennstoffe Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm, dadurch gekennzeichnet, daß die Pressung an der Stauscheibe in einem nach dem Stand der Technik ausgelegten Brenner um mindestens 5 % in Bezug auf die Normaleinstellung des Brenners auf die Anlage nach dem Stand der Technik, jedoch um nicht mehr als 100 % erhöht wird.

15

30. Verfahren zum Starten einer gas- und wasserdichten Kesselanlage, die mit einem Gemisch aus einem Sauerstoff enthaltenden Fluid und dem Brennstoff Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm über einen Brenner und einen nachgeschalteten Einsatz betrieben werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß das Sauerstoff enthaltende Fluid erst in einen stabilen Umlauf gebracht wird und dabei teilweise durch Einlaß- und Injektionsöffnungen rezirkuliert wird, bevor der Brennstoff eingelassen und gezündet wird.

20

31. Verfahren zum Starten einer Kesselanlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Startphase der Verbrennung ohne Verpuffung und ohne Explosion sowie mit einem CO-Ausstoß des Abgases von maximal 100 ppm abläuft.

25

32. Verfahren zum Betreiben einer gas- und wasserdichten Kesselanlage mit einem Gemisch aus einem Sauerstoff enthaltenden Fluid und dem Brennstoff Gas, Öl oder/und Feststoff mit einer Feststoffteilchengröße von im wesentlichen weniger als 1 mm über einen Brenner und einen nachgeschalteten Einsatz, dadurch gekennzeichnet, daß das Gemisch durch ein Rohr des Brenners und einen nachgeschalteten Einsatz oder durch entsprechende Abschnitte eines zusammen mit einem entsprechenden Rohr einteilig oder mehrteilig ausgeführten Einsatzes geleitet und hierbei unvollständig verbrannt wird, an Wänden des Brennrums umgelenkt, teilweise durch Saugöffnung(en)/Einlaßöffnung und Injektionsöffnungen im Einsatz in die Flamme injiziert und intensiv verbrannt wird, so daß eine vergleichsweise schmale lange Flamme erzeugt wird.

30

35

33. Verfahren zum Betreiben einer Kesselanlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Einsatz aus Keramik ist.

40

34. Verfahren zum Betreiben einer Kesselanlage nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, daß Öl über eine Düse mit einem Winkel größer als 30° und kleiner als 60° zerstäubt und gleichzeitig mit erhöhter Pressung geführt wird, ohne daß die Flamme abreißt.

45

35. Verfahren zum Betreiben einer Kesselanlage nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Kleinkesselanlage Öl durch eine Ölzerstäubungsdüse gespritzt wird, die für eine Durchflußmenge von kleiner als 0,3 gallons pro Stunde ausgelegt ist.

36. Verfahren zum Betreiben einer Kesselanlage nach einem der Ansprüche 32 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß als Brennstoff Stickstoff-armes Öl verbrannt wird.

50

37. Verfahren zum Betreiben einer Kesselanlage nach einem der Ansprüche 32 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Kesselwassertemperatur im ganzen Wärmetauscher und auch über die Betriebszeit praktisch konstant gehalten wird.

55

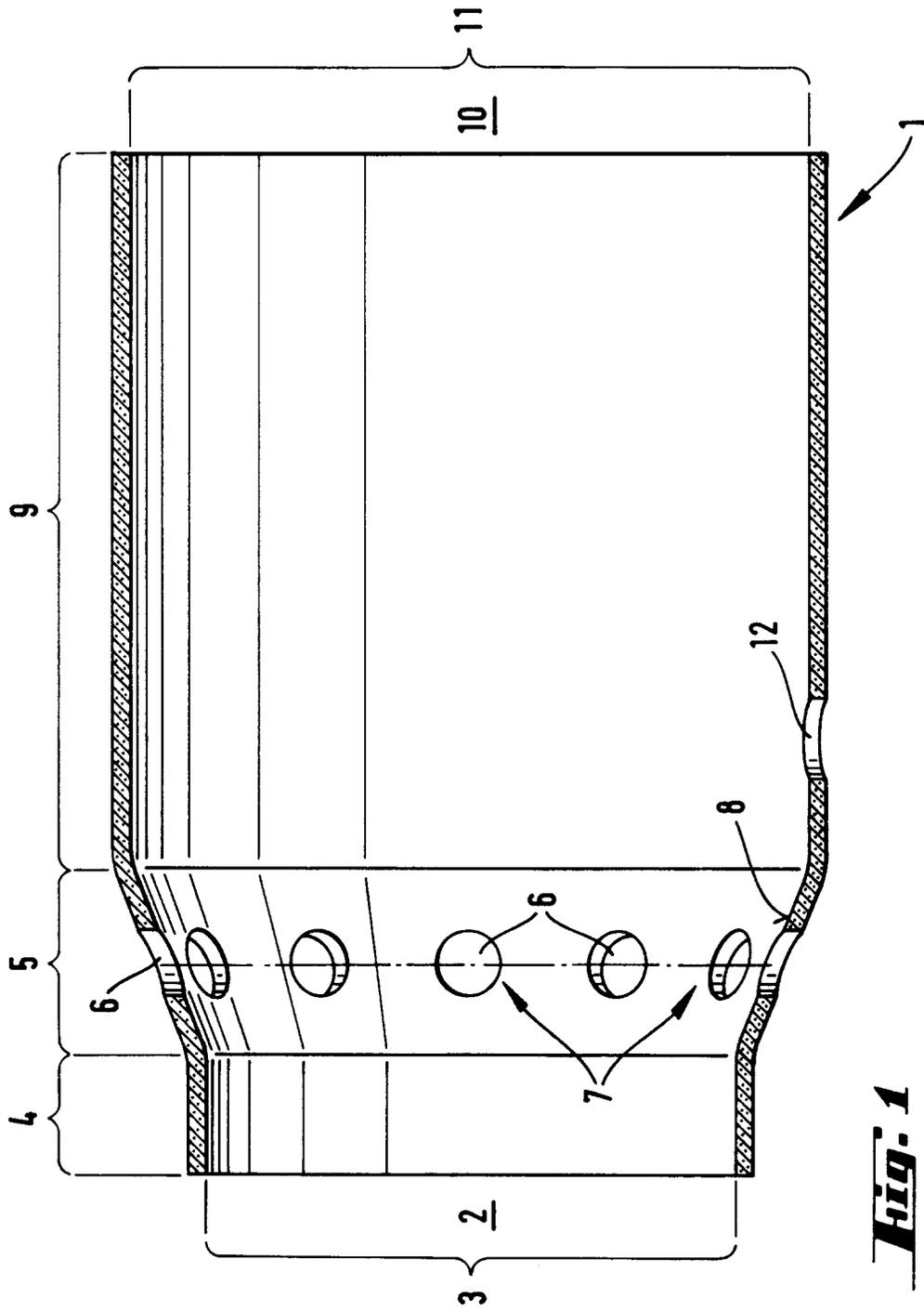


Fig. 1

Fig. 2

