

(19)



(11)

**EP 2 058 589 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.05.2009 Patentblatt 2009/20**

(51) Int Cl.:  
**F23B 40/04<sup>(2006.01)</sup> F23B 80/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **08019476.4**

(22) Anmeldetag: **07.11.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(71) Anmelder: **IHT Innovative Heiztechnik GmbH 48231 Warendorf (DE)**

(72) Erfinder: **Boos, Werner 48231 Warendorf (DE)**

(30) Priorität: **10.11.2007 DE 102007054114**

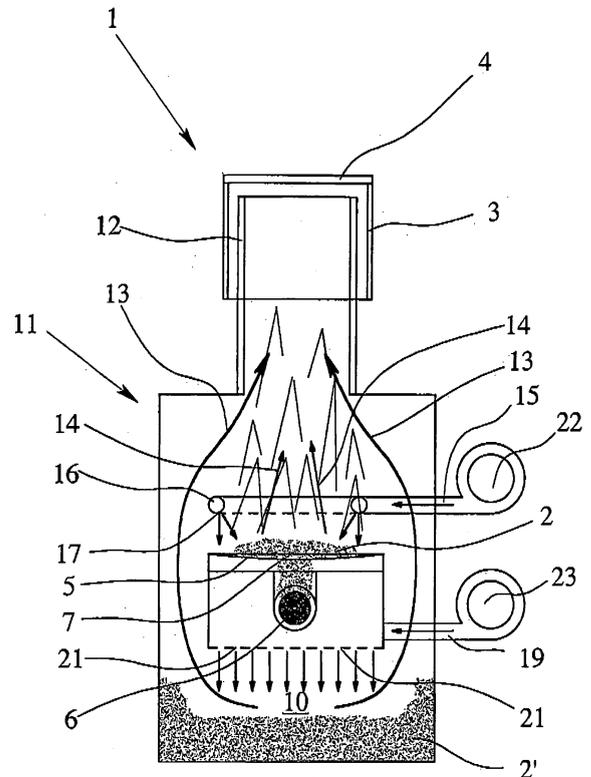
(74) Vertreter: **Gesthuysen, von Rohr & Eggert Patentanwälte Huysenallee 100 45128 Essen (DE)**

**(54) Heizkessel für die Verbrennung von festem Brennstoff**

(57) Dargestellt und beschrieben ist ein Heizkessel für die Verbrennung von festem Brennstoff (2), insbesondere Biomasse, mit einer Kesselwand (3) und einem Kesseldeckel (4), mit einer Brennstelle (5) als erste Verbrennungsstufe, mit einer Primär-Luftzufuhreinrichtung, mit einer Zündeinrichtung, mit einer Zufuhreinrichtung (6) zur Förderung des Brennstoffs (2) zur Brennstelle (5), mit einem Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) als zweite Verbrennungsstufe, mit einer nach oben offenen Brennkammer (11) und mit einem Flammenrohr (12), wobei der Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) derart unterhalb der Brennstelle (5) angeordnet ist, daß Brennstoff (2) von der Brennstelle (5) in den Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) verbringbar ist und dort weiter ausbrennt bzw. ausglüht, wobei die Brennstelle (5) und der Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) gemeinsamen in der Brennkammer (11) angeordnet sind, und wobei sich das Flammenrohr (12) nach oben an die Brennkammer (11) anschließt, so daß die im Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) entstehenden Rauchgase (13) zusammen mit den über der Brennstelle (5) entstehenden Rauchgasen (14) im Flammenrohr (12) ausbrennen.

Bei dem Heizkessel sind dadurch auf einfache Art und Weise die Emissionswerte, insbesondere von Stickoxiden weiter verringert, daß die Primär-Luftzufuhreinrichtung derart ausgebildet und innerhalb der Brennkammer (11) sowie oberhalb der Brennstelle (5) angeordnet ist, daß zum einen Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen werden kann, zum anderen die beim Ausbrennen bzw. Ausglühen der Brennstoffe (2) in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) entstehenden Rauchgase (13) im wesentlichen an der Primär-Luftzufuhreinrichtung sowie an der Brennstelle (5) vorbei geleitet werden, so daß die Rauchgase (13) der zweiten Verbrennungs-

stufe die Verbrennung des Brennstoffes (2) auf der Brennstelle (5) nicht negativ beeinflussen.



**Fig. 3**

**EP 2 058 589 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Heizkessel für die Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere Biomasse, mit einer Kesselwand und einem Kesseldeckel, mit einer Brennstelle als erste Verbrennungsstufe, mit einer Primär-Luftzufuhreinrichtung, mit einer Zündeinrichtung, mit einer Zufuhreinrichtung zur Förderung des Brennstoffs zur Brennstelle, mit einem Ausbrand- bzw. Ausglühraum als zweite Verbrennungsstufe, mit einer nach oben offenen Brennkammer und mit einem Flammenrohr, wobei der Ausbrand- bzw. Ausglühraum derart unterhalb der Brennstelle angeordnet ist, daß Brennstoff von der Brennstelle in den Ausbrand- bzw. Ausglühraum verbringbar ist und dort weiter ausbrennt bzw. ausglüht, wobei die Brennstelle und der Ausbrand- bzw. Ausglühraum gemeinsamen in der Brennkammer angeordnet sind, und wobei sich das Flammenrohr nach oben an die Brennkammer anschließt, so daß die im Ausbrand- bzw. Ausglühraum entstehenden Rauchgase zusammen mit den über der Brennstelle entstehenden Rauchgasen im Flammenrohr ausbrennen.

**[0002]** Daneben betrifft die Erfindung noch ein Verfahren zur Erzeugung von Wärmeenergie durch Verbrennen eines Brennstoffes, insbesondere Biomasse, in einem Heizkessel, wobei der Brennstoff in einer ersten Verbrennungsstufe verbrannt wird und wobei der in der ersten Verbrennungsstufe ausgebrannte bzw. teilweise ausgebrannte Brennstoff, der noch einen Kohlenstoffanteil aufweist, in einer zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe weiter ausbrennt bzw. ausglüht.

**[0003]** Zur Erzeugung von Wärmeenergie werden regelmäßig brennbare Stoffe verbrannt, um die dabei gewonnene thermische Energie zur Erwärmung von Medien zu nutzen. Die Erwärmung erfolgt dabei mit Hilfe eines Wärmetauschers, beispielsweise eines Luft-Wasser-Wärmetauschers, bei dem das Wasser durch die beim Verbrennen der Brennstoffe entstehende heiße Luft erwärmt wird. Neben klassischen Heizkesseln, bei denen fossile Brennstoffe wie beispielsweise Erdöl, Erdgas oder Kohle verbrannt werden, gibt es auch Heizkessel, bei denen nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Holz in Form von Hackgut und Pellets, als Brennstoffe verwendet werden. Derartige Pellets-Heizkessel, die auch als Stückholzkessel bezeichnet werden, sind mittlerweile in einem sehr großen Leistungsbereich von ca. 5 bis 100 kW erhältlich.

**[0004]** Im Rahmen dieser Erfindung sollen unter dem Begriff "Biomasse" nachwachsende Rohstoffe verstanden werden. Hierzu gehören neben Holz, insbesondere in der Form von Holzspänen, Holzhackschnitzeln oder Holzpellets, und Getreide auch getreideähnliche Stoffe wie Raps oder Stroh, diese dann vorzugsweise in Form von Rapspreßkuchen oder Strohpellets.

**[0005]** Beim Betrieb der für Holzpellets vorgesehenen Heizkessel mit Getreide ist eine Reihe von Problemen aufgetreten, so daß bisher ein Betrieb mit der gleichen Qualität wie mit dem bestimmungsgemäßen Brennstoff

kaum erzielt werden konnte. Die wesentlichen Probleme liegen dabei in einem schlechteren Wirkungsgrad aufgrund eines schlechteren Ausbrandes des Getreides, einer erhöhten Emission von Staub, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoff und Stickoxiden, wodurch die zulässigen Grenzwerte der Heizkessel häufig überschritten werden, und einem erhöhten Aschegehalt, der zu Problemen bei der Ascheaustragung und zu Problemen durch Verschlackung führt.

**[0006]** Ein eingangsbeschriebener Heizkessel, von dem die Erfindung ausgeht, ist aus der EP 1 288 570 A2 bekannt. Bei dem bekannten Heizkessel ist zusätzlich zur eigentlichen Brennstelle - der ersten Verbrennungsstufe - ein Ausbrand- bzw. Ausglühraum als zweite Verbrennungsstufe vorgesehen, in der die in der ersten Verbrennungsstufe nur teilweise ausgebrannten Brennstoffe, die noch einen Kohlenstoffanteil und damit auch noch einen Energiewert aufweisen, weiter ausbrennen können. Da der Ausbrand- bzw. Ausglühraum unterhalb der Brennstelle angeordnet ist, kann der Brennstoff einfach dadurch von der ersten Verbrennungsstufe zur zweiten Verbrennungsstufe gelangen, daß der Brennstoff von der Brennstelle in den Ausbrand bzw. Ausglühraum fällt.

**[0007]** Durch die Kapselung der ersten und der zweiten Verbrennungsstufe innerhalb der gemeinsamen Brennkammer wird erreicht, daß die beim Ausbrennen bzw. Ausglühen der Brennstoffe in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum entstehenden Rauchgase, die aufgrund der dort vorherrschenden etwas geringeren Temperaturen schlechtere Abgaswerte aufweisen, den bei der Verbrennung des Brennstoffes in der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Rauch- bzw.

**[0008]** Brenngasen zugeführt werden und gemeinsam mit diesen innerhalb des Flammrohres in der dort herrschenden großen Hitze ausbrennen, so daß die Abgaswerte des Heizkessels durch die "schlechten" Abgaswerte aus der zweiten Verbrennungsstufe kaum negativ beeinflusst werden.

**[0009]** Bei dem bekannten Heizkessel wird somit nicht nur der Wirkungsgrad dadurch erhöht, daß der Energiewert der Brennstoffe nahezu vollständig ausgenutzt wird, sondern es werden zusätzlich die eigentlichen damit verbundenen "schlechteren" Rauchgase dadurch zum großen Teil unschädlich gemacht, daß diese Rauchgase durch die extrem heiße erste Verbrennungsstufe geleitet werden und dort weiter ausbrennen.

**[0010]** Trotz aller Vorteile, die der bekannte Heizkessel bereits aufweist, so bestehen Probleme bei der Einhaltung auch zukünftiger strengerer Emissionswerte, insbesondere wenn biogene Brennstoffe verwendet werden sollen, die sehr eiweißreich sind.

**[0011]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Heizkessel für die Verbrennung von festen Brennstoffen, insbesondere von Biomasse, sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Wärmeenergie durch Verbrennung von Biomasse zur Verfügung zu stellen, bei dem auf möglichst einfache Art und Weise die Emissionswerte, insbesondere von Stickoxiden weiter

verringert werden.

**[0012]** Diese Aufgabe ist bei dem eingangs beschriebenen Heizkessel zunächst dadurch gelöst, daß die Primär-Luftzufuhreinrichtung derart ausgebildet und innerhalb der Brennkammer sowie oberhalb der Brennstelle angeordnet ist, daß zum einen Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen werden kann, zum anderen die beim Ausbrennen bzw. Ausglühen der Brennstoffe im Ausbrand- bzw. Ausglühraum entstehenden Rauchgase im wesentlichen an der Primär-Luftzufuhreinrichtung sowie an der Brennstelle vorbei geleitet werden, so daß die Rauchgase der zweiten Verbrennungsstufe die Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle nicht negativ beeinflussen.

**[0013]** Bei dem bekannten Heizkessel weist die Primär-Luftzufuhreinrichtung einen Luftzufuhrkanal und Luftdüsen auf, die in einem als Luftkanal dienenden doppelwandigen Teil der Brennkammer ausgebildet sind. Dadurch strömen die "schlechteren" Rauchgase aus dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum zwar an der Brennstelle nicht jedoch an den Luftdüsen der Primär-Luftzufuhreinrichtung vorbei, so daß sich die "schlechteren" Rauchgase mit der als Verbrennungsluft dienenden Luft aus den Luftdüse vermischen, was unter Umständen dazu führen kann, daß die Flammen auf der Brennstelle "erstickt" werden.

**[0014]** Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, daß es zwar von Vorteil ist, wenn die aufgrund der geringeren Temperatur im Ausbrand- bzw. Ausglühraum beim Verbrennen bzw. Ausglühen der Brennstoffreste entstehenden Rauchgase, die schlechtere Schadstoffwerte aufweisen, zusammen mit den Rauchgasen, die bei der Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle entstehen, innerhalb des Flammenrohres in der dort herrschenden großen Hitze ausbrennen. Gleichzeitig kann jedoch das Zusammenführen der Rauchgase aus der ersten Verbrennungsstufe und der zweiten Verbrennungsstufe unmittelbar über der Brennstelle die Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle negativ beeinflussen.

**[0015]** Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung und Anordnung der Primär-Luftzufuhreinrichtung wird dagegen gewährleistet, daß sich die schlechteren Rauchgase aus der zweiten Verbrennungsstufe erst oberhalb der Primär-Luftzufuhreinrichtung mit den bei der Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle entstehenden Rauchgasen vermischen. Dadurch ist sichergestellt, daß die von der Primär-Luftzufuhreinrichtung in die erste Verbrennungszone eingeblasene Verbrennungsluft nicht durch die "schlechteren" Rauchgase aus der zweiten Verbrennungszone beeinträchtigt wird, so daß auch die Flammen auf der Brennstelle durch die Rauchgase nicht "erstickt" werden können.

**[0016]** Durch die gemeinsame Anordnung der Brennstelle und des Ausbrand- bzw. Ausglühraumes innerhalb der Brennkammer sowie die Anordnung des Flammenrohres oberhalb der Brennkammer ist dabei weiterhin sichergestellt, daß die "schlechteren" Rauchgase aus der

zweiten Verbrennungsstufe gemeinsam mit den Rauchgasen aus der ersten Verbrennungsstufe innerhalb des Flammenrohres in der dort herrschenden großen Hitze ausbrennen.

5 **[0017]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Primär-Luftzufuhreinrichtung ein Luftzufuhrrohr und einen Hohlkörper, insbesondere einen Rohrring, mit mehreren Luftdüsen auf, die oberhalb  
10 der Brennstelle angeordnet sind und durch die Verbrennungsluft in die erste Verbrennungszone eingeblasen wird. Durch eine kreisringförmige Anordnung der Luftdüsen ist dabei eine optimale Zuführung der als Verbrennungsluft dienenden PrimärLuft zur Brennstelle möglich. Vorzugsweise sind dabei die Luftdüsen im Hohlkörper  
15 so angeordnet, daß Luft unter einem Winkel von ca. 5° bis 45° zur Senkrechten zur Brennstelle geblasen wird, was zu einem gleichmäßigen Ausbrennen des Brennstoffes auf der vorzugsweise als Brennteller ausgebildeten Brennstelle führt.

20 **[0018]** Gemäß einer weiteren vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist unterhalb der Brennstelle eine zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung angeordnet, durch die der in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum enthaltenen kohlenstoffhaltigen Asche Verbrennungsluft zugeführt  
25 wird. Die zweite Primar-Luftzufuhreinrichtung weist dabei vorzugsweise ebenfalls ein Luftzufuhrrohr und einen Hohlkörper mit mehreren Luftdüsen auf, durch die Luft auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten glühenden Brennstoff im Ausbrand- bzw. Ausglühraum  
30 geblasen wird.

**[0019]** Grundsätzlich besteht zwar die Möglichkeit, daß das Luftzufuhrrohr der ersten Primär-Luftzufuhreinrichtung und das Luftzufuhrrohr der zweiten Primär-Luftzufuhreinrichtung an ein gemeinsames Gebläse  
35 angeschlossen sind, vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, daß die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung und die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung jeweils an ein eigenes Gebläse angeschlossen sind. Dadurch besteht die Möglichkeit, daß die Menge und/oder der Druck der Luft, die  
40 durch die erste bzw. zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung auf den Brennstoff auf der Brennstelle bzw. auf die ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoffe im Ausbrand- bzw. Ausglühraum geblasen wird, unabhängig voneinander eingestellt werden kann.

45 **[0020]** Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn dem Heizkessel ein Meßfühler zugeordnet ist, der mindestens einen Abgaswert des Heizkessels, insbesondere den Restsauerstoffgehalt der Rauchgase im Abgaskanal des Heizkessels mißt, wobei dann in Abhängigkeit vom gemessenen Abgaswert die Menge und/oder der Druck der Luft durch die zweite Primär-Lunzufuhreinrichtung  
50 eingestellt wird. Dadurch besteht die Möglichkeit, während der Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle durch eine entsprechend eingestellte Luftzufuhr über die zweite Primar-Lunzufuhreinrichtung in der zweiten  
55 Verbrennungsstufe stark CO-haltiges Rauchgas zu produzieren, welches, ohne die Verbrennung in der ersten Verbrennungsstufe zu beeinflussen, zusammen mit dem

Rauchgas aus der ersten Verbrennungsstufe in der großen Hitze innerhalb des Flammenrohres ausbrennt. Dabei bewirkt ein erhöhter CO-Gehalt des Rauchgases eine gewünschte Verringerung des Anteils an Stickoxiden im Rauchgas. Messungen haben gezeigt, daß dadurch der Anteil an Stickoxiden (NOx) auf unter 500 mg/m<sup>3</sup> bezogen bei 13 % Restsauerstoff (Bezugssauerstoff) reduziert werden kann.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizkessels, die für sich bereits bei dem Heizkessel gemäß der EP 1 288 570 A2 realisiert ist, ist ein Bewegungselement in der Brennkammer angeordnet, das den Brennstoff auf der Brennstelle durchrührt und ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff über den Rand der Brennstelle schiebt, so daß diese Brennstoffreste in den darunterliegenden Ausbrand- bzw. Ausglühraum fallen. Durch das Bewegungselement wird dabei gleichzeitig die Bildung von Schlackeklumpen auf der Brennstelle verhindert oder zumindest verringert, da der Brennstoff ständig in Bewegung ist. Außerdem wird neuer, über die Zuführeinrichtung zur Brennstelle beförderter Brennstoff unter den bereits brennenden Brennstoff untergemischt, was eine gleichmäßige Verbrennung des Brennstoffes fordert.

**[0022]** Zur weiteren Optimierung der Verbrennung kann oberhalb der ersten Primär-Luftzufuhreinrichtung eine Sekundär-Luftzufuhreinrichtung vorgesehen sein, die ein Sekundär-Luftzufuhrrohr und mehrere Luftdüsen und/oder mehrere Luftschlitze aufweist. Die Verbindung des Sekundär-Luftzufuhrrohres mit den Luftdüsen oder den Luftschlitzen kann dadurch realisiert sein, daß der untere, an die Brennkammer anschließende Bereich des Flammenrohres doppelwandig ausgeführt ist. Dieser doppelwandige Bereich des Flammenrohres dient dann als Luftkanal, durch den die Sekundär-Luft vom Sekundär-Luftzufuhrrohr zu den Luftdüsen bzw. Luftschlitzen strömt.

**[0023]** Bei dem erfindungsgemäßen Heizkessel ist die Ausbildung der zuvor beschriebenen Sekundär-Luftzufuhreinrichtung jedoch nicht unbedingt erforderlich, da über eine entsprechende Einstellung der Luftmenge über die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung nicht nur ausreichend Verbrennungsluft für die Verbrennung des auf der Brennstelle angeordneten Brennstoffes zur Verfügung gestellt werden kann, sondern zugleich auch eine ausreichende sekundäre Luftversorgung bei der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile oberhalb der Brennstelle, insbesondere im unteren Bereich des Flammenrohres, gewährleistet werden kann.

**[0024]** Bei dem eingangs beschriebenen Verfahren ist die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe dadurch gelöst, daß die in der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe entstehenden Rauchgase derart geführt werden, daß sie zunächst im wesentlichen an der ersten Verbrennungsstufe vorbeigeleitet werden, so daß die Rauchgase der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe die Verbrennung des Brennstoffes in der ersten Verbrennungsstufe nicht negativ beeinflussen, und dann

den in der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Rauchgasen zugeführt werden und gemeinsam mit diesen bei großer Hitze ausbrennen. Es erfolgt dadurch eine weitestgehende Trennung der Vergasung in der zweiten Verbrennungsstufe von der Vergasung bzw. Verbrennung in der ersten Verbrennungsstufe. Bezüglich der weiteren Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die zuvor beschriebenen Vorteile des erfindungsgemäßen Heizkessels verwiesen.

**[0025]** Vorteilhafterweise ist das Verfahren dadurch weiter ausgebildet, daß durch eine erste Primär-Luftzufuhreinrichtung, die oberhalb der Brennstelle, auf der der Brennstoff verbrennt, angeordnet ist, Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen wird. Darüber hinaus ist vorteilhafter Weise vorgesehen, daß durch eine zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung, die unterhalb der Brennstelle angeordnet ist, Luft auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff im Ausbrand- bzw. Ausglühraum geblasen wird. Wie zuvor im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Heizkessel beschrieben, können auch bei dem Verfahren vorteilhafterweise die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung und die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung unabhängig voneinander eingestellt werden.

**[0026]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein Abgaswert des Heizkessels, insbesondere der Restsauerstoffgehalt der Rauchgase im Abgaskanal des Heizkessels gemessen, und in Abhängigkeit vom gemessenen Abgaswert die Menge und/oder der Druck der Luft, die durch die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff im Ausbrand- bzw. Ausglühraum geblasen wird, eingestellt.

**[0027]** Außerdem kann die in der ersten Verbrennungsstufe und/oder in der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe entstehende Wärme zur Erwärmung von Luft verwendet werden, die der ersten Verbrennungsstufe bzw. der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe zugeführt wird.

**[0028]** Beim Betrieb des erfindungsgemäßen Heizkessels wird die über die Zuführeinrichtung zugeführte Brennstoffmenge so eingestellt, daß nur der feste, endgaste Restkohlenstoff, der vom Brennstoff überbleibt, über den Rand der Brennstelle in den darunterliegenden Ausbrand- bzw. Ausglühraum fällt. Dabei wird auch die Menge der Verbrennungsluft, die durch die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung in die erste Verbrennungsstufe eingeblasen wird, sowie die Größe und Geschwindigkeit eines eventuelle vorhandenen Bewegungselements auf der Brennstelle berücksichtigt bzw. ebenfalls entsprechend eingestellt.

**[0029]** Während der fortlaufende Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle, d. h. in der ersten Verbrennungsstufe, wird im darunter angeordneten Ausbrand- bzw. Ausglühraum durch eine entsprechend geregelte Luftzugabe über die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung beim Verglühen des heruntergefallenen Rest-

kohlenstoffs in der zweiten Verbrennungsstufe stark CO-haltiges Gas produziert, welches an der ersten Verbrennungsstufe vorbeigeleitet wird und dann zusammen mit den in der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Rauchgasen im Bereich des Flammenrohres bei großer Hitze ausbrennt. Das von der zweiten Verbrennungsstufe stammende stark CO-haltige Gas bewirkt dabei eine Reduzierung des Anteils an Stickoxiden im Abgas des Heizkessels, ohne das es die Verbrennung des Brennstoffes auf der Brennstelle negativ beeinflusst.

**[0030]** Im einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, den erfindungsgemäßen Heizkessel bzw. das erfindungsgemäße Verfahren auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen sowohl auf die den Patentansprüchen 1 und 11 nachgeordneten Patentansprüche, als auch auf die Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Heizkessels gemäß dem Stand der Technik, im Schnitt,

Fig. 2 eine Skizze des inneren Aufbaus des Heizkessels gemäß Fig. 1, und

Fig. 3 eine Skizze des inneren Aufbaus eines erfindungsgemäßen Heizkessels.

**[0031]** Die Figuren zeigen einen Heizkessel 1 für die Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere von - in Fig. 3 schematisch dargestellten Getreide 2, wie Gerste, Roggen, Weizen oder Mais, sowie von getreideähnlichen Stoffen wie Stroh und Raps. Nachfolgend wird - ohne daß die Erfindung darauf beschränkt sein soll - stets von Getreide die Rede sein.

**[0032]** Die Figuren 1 und 2 zeigen dabei einen aus der EP 1 288 570 A2 bekannten Heizkessel 1, während in Fig. 3 der innere Aufbau des erfindungsgemäßen Heizkessels 1 dargestellt ist. Neben den nachfolgend noch genauer beschriebenen Unterschieden zwischen dem erfindungsgemäßen Heizkessel 1 gemäß Fig. 3 und dem Heizkessel 1 gemäß den Fig. 1 und 2, können bei dem erfindungsgemäßen Heizkessel 1 jedoch auch eine Vielzahl von Merkmalen realisiert sein, die in den Fig. 1 und 2 dargestellt sind.

**[0033]** Der Heizkessel 1 - sowohl gemäß Fig. 1 und 2 als auch gemäß Fig. 3 - besteht aus einer zylinderförmigen Kesselwand 3, die von einem runden, hitze- und feuerbeständigem Kesseldeckel 4 nach oben abgeschlossen ist. Im Inneren befindet sich die eigentliche, als Brennteller 5 ausgebildete Brennstelle, auf der das Getreide 2 verbrannt wird. Hierzu wird das Getreide 2 über eine Zufuhreinrichtung 6 in Form einer Förderschnecke durch eine in der Mitte des Brenntellers 5 ausgebildete Öffnung 7 aus einem außerhalb des Heizkessel 1 angeordneten Vorratsbehälter 8 zur Brennstelle 5 gebracht. Das Getreide 2, das sich in der Brennstelle 5 befindet, wird mit Hilfe einer beispielsweise als Zündeflektrode 9

ausgebildeten Zündeflektrode gezündet, wobei dem Getreide 2 die zur Verbrennung notwendige Verbrennungsluft über eine - nachfolgend noch näher beschriebene - Primär-Luftzufuhreinrichtung zugeführt wird.

**[0034]** Unterhalb der durch die Brennstelle 5 gebildeten ersten Verbrennungsstufe ist ein Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 als zweite Verbrennungsstufe angeordnet, in dem über den Rand des Brenntellers 5 fallendes ausgebranntes oder teilweise ausgebranntes Getreide 2 gesammelt wird. Da in der ersten Verbrennungsstufe von dem Getreide 2 nur die leicht und gut brennbaren Stoffe verbrennen, ist in den von dem Brennteller 5 fallenden Getreiderückständen 2' (schematisch in Fig. 3 dargestellt) noch Kohlenstoff und damit auch noch ein nutzbarer Energieanteil enthalten, der nun dadurch ausgenutzt wird, daß die Getreiderückstände 2' in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 weiter ausbrennen bzw. ausglühen und die dabei entstehende Wärme zusätzlich zu der in der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Wärme genutzt wird.

**[0035]** Aufgrund der geringeren Temperatur in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 entstehen dort beim Verbrennen bzw. Ausglühen der Getreiderückstände 2' Rauchgase mit schlechteren Schadstoffwerten, wodurch die Abgaswerte des Heizkessels 1 insgesamt verschlechtert würden. Um diesen Nachteil, der mit der besseren Ausnutzung der in dem Getreide gespeicherten Energie gekoppelt ist, zu kompensieren, sind die Brennstelle 5 und der Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 in einer gemeinsamen, nach oben offenen Brennkammer 11 angeordnet.

**[0036]** Sowohl bei dem bekannten Heizkessel gemäß Fig. 1 und 2 als auch bei dem erfindungsgemäßen Heizkessel gemäß Fig. 3 schließt sich an die Brennkammer 11 nach oben ein Flammrohr 12 an, so daß die im Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 entstehenden "schlechteren" Rauchgase 13 zusammen mit den über der Brennstelle 5 entstehenden Rauchgasen 14 bei sehr hoher Temperatur innerhalb des vorzugsweise aus Keramik bestehenden oder mit Keramik ausgekleideten Flammrohres 12 ausbrennen. Dadurch wird erreicht, daß die "schlechteren" Rauchgase, die beim Verbrennen bzw. Ausglühen der Getreiderückstände 2' in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 entstehen, optimal ausgebrannt werden. Durch die Brennkammer 11 wird somit eine Kapselung der beiden Verbrennungsstufen gewährleistet, so daß die "schlechteren" Rauchgase 13 der zweiten Verbrennungsstufe die Abgaswerte des Heizkessels 1 nicht beeinträchtigen.

**[0037]** Bei dem in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemäßen Heizkessel 1 weist die Primär-Luftzufuhreinrichtung ein Luftzufuhrrohr 15 und einen als Rohrring 16 ausgebildeten Hohlkörper auf, in dem mehrere Luftdüsen 17 derart ausgebildet sind, daß die von der Primär-Luftzufuhreinrichtung eingeblasene Verbrennungsluft unter einem Winkel von ca. 5° bis 45° zur Senkrechten zum auf dem Brennteller 5 liegenden Getreide 2 geblasen wird. Wie aus Fig. 3 erkennbar ist, ist dabei die Primär-Luftzu-

fuhreinrichtung, insbesondere der Rohring 16 derart oberhalb des Brenntellers 5 und beabstandet vom unteren Rand des Flammenrohres 12 angeordnet, daß die beim Ausbrennen bzw. Ausglühen der Getreiderückstände 2' im Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 entstehenden Rauchgase 13 außen am Rohring 16 sowie am Brennteller 5, und damit an der ersten Verbrennungsstufe, vorbeigeleitet werden.

**[0038]** Im Unterschied dazu grenzt die Primär-Luftzufuhreinrichtung bei dem in den Fig. 1 und 2 dargestellten bekannten Heizkessel 1 unmittelbar an den unteren Rand des Flammenrohres 12 an, so daß die schlechteren Rauchgase 13 aus dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 innerhalb der Primär-Luftzufuhreinrichtung geführt werden. Bei dem bekannten Heizkessel 1 ist der obere, den Brennteller 5 teilweise umschließende Bereich 18 der Brennkammer 11 doppelwandig ausgeführt. Dadurch, daß somit die Primär-Luftzufuhreinrichtung bei dem bekannten Heizkessel 1 nicht innerhalb der Brennkammer 11 angeordnet sondern Teil der Brennkammer 11 ist, strömen die "schlechteren" Rauchgase 13 aus dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 unmittelbar unterhalb der Luftdüsen 17 entlang, so daß sich die Rauchgase 13 mit der als Verbrennungsluft dienenden Luft der Primär-Luftzufuhreinrichtung vermischen. Dies kann unter Umständen dazu führen, daß die Flammen des auf dem Brennteller 5 brennenden Getreides 2 erstickt werden, so daß es auch in der ersten Verbrennungsstufe - ungewollt - zu einer starken Rauchentwicklung kommen kann.

**[0039]** Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung und Anordnung der Primär-Luftzufuhreinrichtung gemäß Fig. 3 werden dagegen die Rauchgase 13 mit ausreichendem Abstand um die erste Verbrennungszone geführt, so daß es nicht zu einer Vermischung der Rauchgase 13 mit der durch die Luftdüsen 17 eingeblasenen Verbrennungsluft in der ersten Verbrennungsstufe kommt.

**[0040]** Wie bei dem bekannten Heizkessel 1 gemäß den Fig. 1 und 2, so ist auch beim erfindungsgemäßen Heizkessel 1 gemäß Fig. 3 eine zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung vorgesehen, um das Ausglühen bzw. Ausbrennen der sich im Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 befindenden Getreiderückstände 2' zu verbessern. Die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung weist dabei ebenfalls ein Luftzufuhrrohr 19 und einen Rohring 20 auf, in dem mehrere Luftdüsen 21 ausgebildet sind, durch die Verbrennungsluft auf die Getreiderückstände 2' geblasen wird.

**[0041]** Während bei dem bekannten Heizkessel 1 das Luftzufuhrrohr 15 der ersten Primär-Luftzufuhreinrichtung und das Luftzufuhrrohr 19 der zweiten Primär-Luftzufuhreinrichtung gemeinsam an einem Gebläse 22 angeschlossen sind, ist bei dem erfindungsgemäßen Heizkessel 1 das Luftzufuhrrohr 19 der zweiten Primär-Luftzufuhreinrichtung an einem zweiten, separaten Gebläse 23 angeschlossen. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Menge und den Druck der Luft, die durch die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung bzw. die zweite Primär-Luft-

zufuhreinrichtung auf das Getreide 2 bzw. die Getreiderückstände 2' geblasen wird, unabhängig voneinander einzustellen.

**[0042]** Nachfolgend werden noch weitere vorteilhafte Details des Heizkessels 1 insbesondere anhand der Fig. 1 und 2 erläutert, wobei diese Details - unabhängig davon ob sie in der Fig. 3 dargestellt sind oder nicht - auch bei dem erfindungsgemäßen Heizkessel 1 realisiert sein können.

**[0043]** Etwas oberhalb des Brenntellers 5 ist ein Bewegungselement 24 angeordnet, daß das Getreide 2, das sich auf dem Brennteller 5 befindet, durchrührt und ausgebrannte bzw. teilweise ausgebrannte Getreiderückstände 2' über den Rand des Brenntellers 5 schiebt, so daß diese in den darunterliegenden Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 fallen. Das Bewegungselement 24 ist dabei der Form des Brenntellers 5 angepaßt und weist an seinem Ende dreiecksförmige Schaufeln 25 auf. Im Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 ist ein zweites Bewegungselement 26 angeordnet, das die Getreiderückstände 2', die sich im Ausbrand- bzw. Ausglühraum 10 befinden durchrührt und neue glühende, vom Brennteller 5 fallende Getreiderückstände 2' unterrührt. Dadurch wird zum einen eine Verschlackung der Getreiderückstände 2' bzw. der entstehenden Asche verhindert, erfolgt zum anderen auch eine Zerkleinerung und damit eine Verdichtung der ausgebrannten Asche. Die beiden Bewegungselemente 24 und 26 sind dabei an einer gemeinsamen Welle 27 befestigt, die über einen Motor 28 angetrieben wird.

**[0044]** In den Boden des Ausbrand- bzw. Ausglühraums 10 führt das Ende einer Ascheaustragungs-schnecke 29, mit deren Hilfe die ausgebrannte Asche automatisch aus dem Heizkessel 1 herausgeführt werden kann. Anders als in Fig. 1 dargestellt, kann dabei die Ascheaustragungs-schnecke 29 auch waagrecht oder schräg nach unten gerichtet sein.

**[0045]** Zur weiteren Optimierung der Verbrennung ist gemäß den Fig. 1 und 2 oberhalb der Primär-Luftzufuhreinrichtung eine Sekundär-Luftzufuhreinrichtung vorgesehen, mittels der zusätzlich Verbrennungsluft in eine Verbrennungszone im Bereich des Flammrohres 12 eingeblasen werden kann. Die Sekundär-Luftzufuhreinrichtung weist ein Sekundär-Luftzufuhrrohr 30 und mehrere Luftdüsen 31 und Luftschlitze 32 auf, durch die die Luft in die Flammen im Flammrohr 12 eingeblasen wird. Zur Realisierung der Sekundär-Luftzufuhreinrichtung ist der untere, an die Brennkammer 11 anschließende Bereich 33 des Flammrohres 12 doppelwandig ausgeführt, wodurch sich der Vorteil ergibt, daß die Sekundär-luft durch die in der Brennkammer 11 bzw. in dem Flammrohr 12 herrschende Hitze erwärmt wird, bevor sie ins Innere des Flammrohres 12 geblasen wird.

**[0046]** Aus Fig. 1 ist darüber hinaus erkennbar, daß der Heizkessel 1 bzw. die Kesselwand 3 und der Kesseldeckel 4 von einem Luft-Wasser-Wärmetauscher 34 umgeben ist, der die eigentliche Außenwand des Heizkessels 1 darstellt. Der Wärmetauscher 34 weist mehrere

Züge 35a, 35b auf, wobei das Rauchgas zumindest in einem Zug 35b nach unten strömt, so daß sich Staubpartikel, die beim Verbrennen im Flammenrohr 12 mit aufsteigen, beim nachfolgenden Abwärtsströmen beruhigen und in außerhalb der Brennkammer 11 vorgesehenen Abscheideräumen 36, 37 absinken können. Bezüglich weiterer Einzelheiten hinsichtlich der Ausbildung des Wärmetauschers wird auf die diesbezüglichen Ausführungen in der EP 1 288 570 A2 verwiesen.

### Patentansprüche

1. Heizkessel für die Verbrennung von festem Brennstoff (2), insbesondere Biomasse, mit einer Kesselwand (3) und einem Kesseldeckel (4), mit einer Brennstelle (5) als erste Verbrennungsstufe, mit einer Primär-Luftzufuhreinrichtung, mit einer Zündeinrichtung, mit einer Zufuhreinrichtung (6) zur Förderung des Brennstoffs (2) zur Brennstelle (5), mit einem Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) als zweite Verbrennungsstufe, mit einer nach oben offenen Brennkammer (11) und mit einem Flammenrohr (12),  
wobei der Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) derart unterhalb der Brennstelle (5) angeordnet ist, daß Brennstoff (2) von der Brennstelle (5) in den Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) verbringbar ist und dort weiter ausbrennt bzw. ausglüht,  
wobei die Brennstelle (5) und der Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) gemeinsamen in der Brennkammer (11) angeordnet sind, und  
wobei sich das Flammenrohr (12) nach oben an die Brennkammer (11) anschließt, so daß die im Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) entstehenden Rauchgase (13) zusammen mit den über der Brennstelle (5) entstehenden Rauchgasen (14) im Flammenrohr (12) ausbrennen,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die Primär-Luftzufuhreinrichtung derart ausgebildet und innerhalb der Brennkammer (11) sowie oberhalb der Brennstelle (5) angeordnet ist, daß zum einen Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen werden kann, zum anderen die beim Ausbrennen bzw. Ausglühen der Brennstoffe (2) in dem Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) entstehenden Rauchgase (13) im wesentlichen an der Primär-Luftzufuhreinrichtung sowie an der Brennstelle (5) vorbei geleitet werden, so daß die Rauchgase (13) der zweiten Verbrennungsstufe die Verbrennung des Brennstoffes (2) auf der Brennstelle (5) nicht negativ beeinflussen.
2. Heizkessel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Primär-Luftzufuhreinrichtung ein Luftzufuhrrohr (15) und einen Hohlkörper, insbesondere einen Rohrring (16), mit mehrere Luftdüsen (17) aufweist, die oberhalb der Brennstelle (5) angeord-

net sind und durch die Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen wird.

3. Heizkessel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Luftdüsen (17) im Hohlkörper so angeordnet sind, daß Luft unter einem Winkel von ca. 5° bis 45° zur Senkrechten in Richtung der Brennstelle (5) geblasen wird.
4. Heizkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** unterhalb der Brennstelle (5) eine zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung angeordnet ist.
5. Heizkessel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung ein Luftzufuhrrohr (19) und einen Hohlkörper, insbesondere einen Rohrring (20), mit mehrere Luftdüsen (21) aufweist, durch die Luft auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff (2') geblasen wird, der sich im Ausbrand- bzw. Ausglühraum (10) befindet.
6. Heizkessel nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung und die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung jeweils an ein eigenes Gebläse (22, 23) angeschlossen sind, und daß die Menge und/oder der Druck der Luft, die durch die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff (2') geblasen wird, unabhängig von der Menge und/oder dem Druck der Luft, die durch die erste Primär-Luftzufuhreinrichtung in die erste Verbrennungszone eingeblasen wird, einstellbar ist.
7. Heizkessel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Meßfühler vorgesehen ist, der mindestens einen Abgaswert des Heizkessels (1), insbesondere den Restsauerstoffgehalt der Rauchgase im Abgaskanal des Heizkessels (1) mißt, und daß in Abhängigkeit vom gemessenen Abgaswert die Menge und/oder der Druck der Luft durch die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung einstellbar oder regelbar ist.
8. Heizkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Bewegungselement (24) auf bzw. oberhalb der Brennstelle (5) angeordnet ist, das den Brennstoff (2) auf der Brennstelle (5) durchrührt und ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff (5) über den Rand der vorzugsweise als Brennteller ausgebildeten Brennstelle (5) schiebt.
9. Heizkessel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Sekundär-Luftzufuhreinrichtung vorgesehen ist, die Sekundär-Luft-

zufuhreinrichtung oberhalb der Primär-Luftzufuhreinrichtung angeordnet ist und ein Sekundär-Luftzufuhrrohr (24) und mehre Luftdüsen (25) und/oder Luftschlitze (26) aufweist, durch die Luft in die Rauchgase (13, 14) bzw. die Flammen des verbrennenden Brennstoffs (2) eingeblasen wird.

10. Heizkessel nach Anspruch 1 und 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kesselwand (3) von einem mehrzügigen Wärmetauscher (34) umgeben ist, wobei der Heizkessel (1) und/oder der Wärmetauscher (34) mindestens einen Zug (34b) aufweisen, in dem die Rauchgase abwärts strömen, und daß außerhalb der Brennkammer (11) mindestens ein Abscheideraum (36, 37) vorgesehen ist, in dem Staubpartikel absinken können.
11. Verfahren zur Erzeugung von Wärmeenergie durch Verbrennen eines Brennstoffes, insbesondere Biomasse, in einem Heizkessel, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Brennstoff in einer ersten Verbrennungsstufe verbrannt wird und wobei der in der ersten Verbrennungsstufe ausgebrannte bzw. teilweise ausgebrannte Brennstoff, der noch einen Kohlenstoffanteil aufweist, in einer zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe weiter ausbrennt bzw. ausglüht, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe entstehenden Rauchgase derart geführt werden, daß sie zunächst im wesentlichen an der ersten Verbrennungsstufe vorbei geleitet werden, so daß die Rauchgase der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe die Verbrennung des Brennstoffes in der ersten Verbrennungsstufe nicht negativ beeinflussen, und dann den in der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Rauchgasen zugeführt werden und gemeinsam mit diesen bei großer Hitze ausbrennen.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch eine erste Primär-Luftzufuhreinrichtung, die oberhalb der Brennstelle, auf der der Brennstoff verbrennt, angeordnet ist, Luft in die erste Verbrennungszone eingeblasen wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch eine zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung, die unterhalb der Brennstelle angeordnet ist, Luft auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff im Ausbrand- bzw. Ausglühraum geblasen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens einen Abgaswert des Heizkessels, insbesondere der Restsauerstoffgehalt der Rauchgase im Abgaskanal des Heizkessels gemessen wird, und daß in Abhängigkeit vom ge-

messenen Abgaswert die Menge und/oder der Druck der Luft, die durch die zweite Primär-Luftzufuhreinrichtung auf den ausgebrannten bzw. teilweise ausgebrannten Brennstoff im Ausbrand- bzw. Ausglühraum geblasen wird, eingestellt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in der ersten Verbrennungsstufe und/oder in der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe entstehende Wärme zur Erwärmung von Luft verwendet wird, die der ersten Verbrennungsstufe bzw. der zweiten Verbrennungs- bzw. Ausglühstufe zugeführt wird.

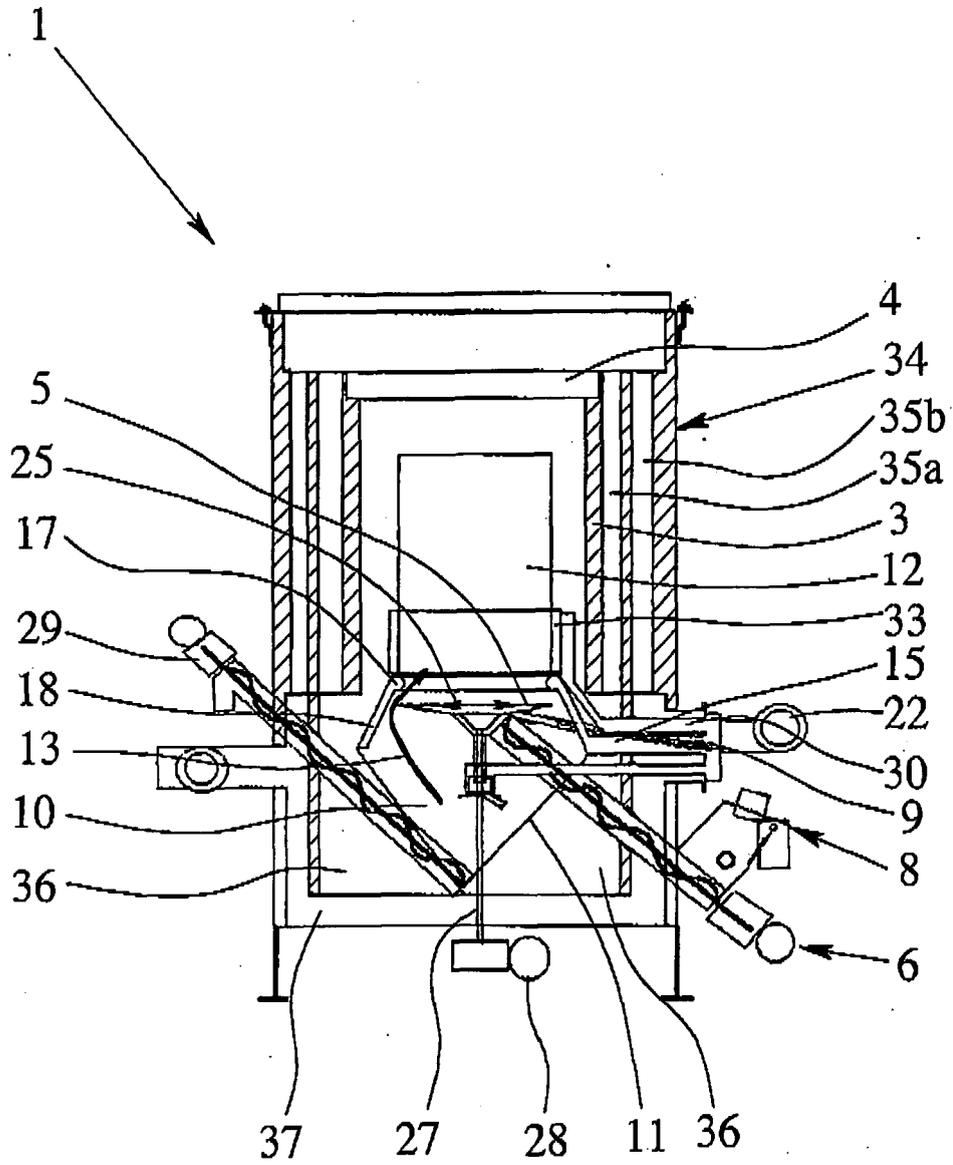


Fig. 1

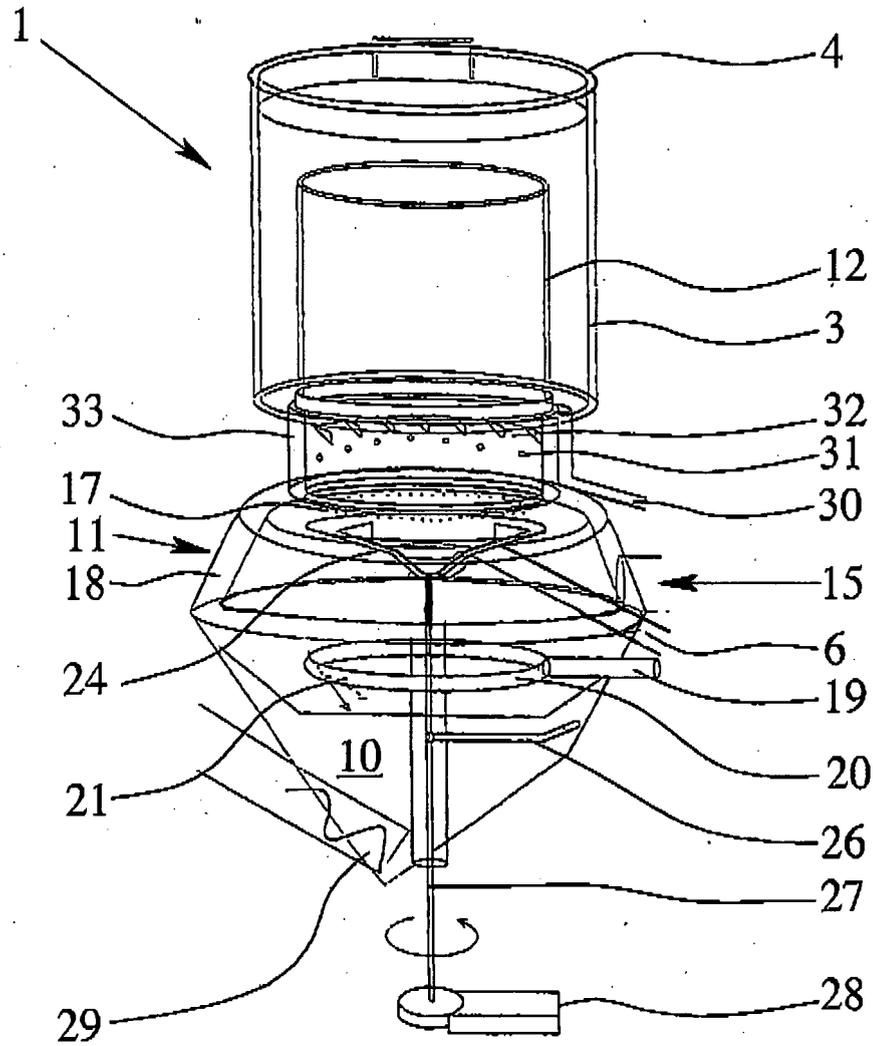


Fig. 2

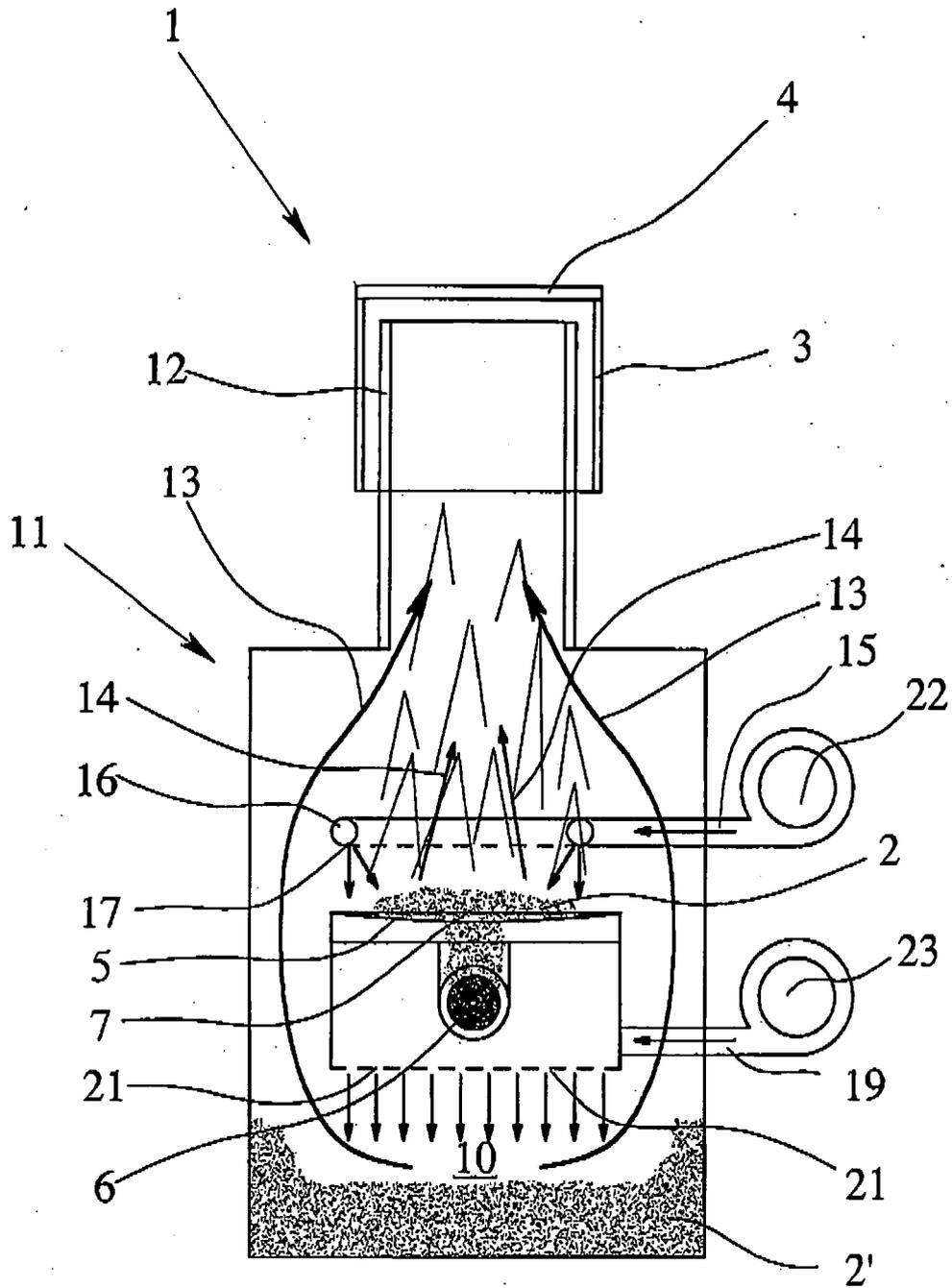


Fig. 3

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1288570 A2 [0006] [0021] [0032] [0046]