

(19)



(11)

**EP 2 787 280 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**18.03.2020 Patentblatt 2020/12**

(51) Int Cl.:

**F23B 10/02** <sup>(2011.01)</sup> **F23G 5/027** <sup>(2006.01)</sup>  
**F23G 5/04** <sup>(2006.01)</sup> **F23G 5/44** <sup>(2006.01)</sup>  
**F23J 1/06** <sup>(2006.01)</sup> **F23B 30/10** <sup>(2006.01)</sup>  
**F23G 5/16** <sup>(2006.01)</sup> **F23G 7/10** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **13162458.7**

(22) Anmeldetag: **05.04.2013**

(54) **Vorrichtung zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff**

Device for the combustion of free-flowing solid fuel

Dispositif de combustion de combustibles solides pouvant s'écouler

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder: **Buchegger, Andreas**  
**9852 Trebesing (AT)**

(74) Vertreter: **Puchberger & Partner Patentanwälte**  
**Reichsratsstraße 13**  
**1010 Wien (AT)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.10.2014 Patentblatt 2014/41**

(56) Entgegenhaltungen:

**JP-A- S5 927 114 US-A- 4 009 667**  
**US-A- 4 338 869**

(73) Patentinhaber:

- **Schmid AG - Energy Solutions**  
**8360 Eschlikon (CH)**
- **Best - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH**  
**8010 Graz (AT)**
- **RIKA Innovative Ofentechnik GmbH**  
**4563 Micheldorf (AT)**

**EP 2 787 280 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff wie beispielsweise Holzpellets oder Hackgut, wobei der Brennstoff im Brennraum in einem Trocknungsbereich einen Trocknungsprozess, in einem Ausgasungsbereich einen Ausgasungsprozess und in einem Ausbrandbereich einen Ausbrandprozess durchläuft. Eine derartige Vorrichtung und ein derartiges Verfahren ist aus US4009667A bekannt.

**[0002]** Vorrichtungen und Verfahren zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff wie beispielsweise Holzpellets, Hackgut, insbesondere aus biologischem Material sind seit geraumer Zeit bekannt und wurden in unterschiedlichen Ausführungsformen publiziert. Beispielsweise sind Vorrichtungen zur Verbrennung von Holzpellets bekannt. Die Holzpellets befinden sich in einem Vorratsbehälter und werden mit Hilfe einer Förderschnecke in einen Brennraum gefördert. Dort werden sie von einem Zündmittel, beispielsweise durch heiße Luft, entzündet und verbrannt. Die bei der Reaktion entstehende Abwärme wird in weiterer Folge als Nutzwärme z.B. zur Erhitzung von Brauchwasser oder zur Heizung von Gebäuden verwendet. Der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff wird über Öffnungen in Form von Luft in den Brennraum eingebracht. Bei der Verbrennung entsteht einerseits heißes Verbrennungsgas, das über eine Ausbrandöffnung aus dem Brennraum abgeführt wird und andererseits unbrennbarer Rückstand, der meist in Form von Asche aus dem Brennraum entfernt wird. Zur Verbesserung des Verbrennungswirkungsgrades kann durch Zuleitung von Sekundärluft in eine Sekundärbrennkammer das heiße Verbrennungsgas nachverbrannt werden.

Ferner sind Vorrichtungen und Verfahren zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff wie beispielsweise Holzpellets bekannt, bei dem eine Förderschnecke in den Brennraum ragt, um die Pellets einem Rost zuzuführen. Dort werden die Pellets in ruhendem Zustand verbrannt und in weiterer Folge von einer weiteren Schnecke in Form von Asche abgeführt.

**[0003]** Um einen flexiblen Einsatz von Brennern für unterschiedliche Brennstoffe zu ermöglichen, ist eine Anpassung des Brennverlaufs notwendig. Unterschiedliche Brennstoffe weisen unterschiedliche Aschegehalte, unterschiedliche Ascheerweichungstemperaturen sowie unterschiedliche Brennwerte auf. Bei Holzpellets beispielsweise kann der Aschegehalt von etwa 0,3% bis 5%wf und die Ascheerweichungstemperatur von 800°C bis etwa 1400°C schwanken. Insbesondere die geringen Ascheerweichungstemperaturen und die unterschiedlichen Aschegehalte können zu Verschlackungen an den Fördermitteln und an anderen Brennerkomponenten führen. Diese beeinträchtigen einerseits die optimale Verbrennung und andererseits die mechanische Funktionalität der Vorrichtung. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Ver-

brennung von rieselfähigem, festem Brennstoff zu schaffen, welches die Nachteile des Standes der Technik überwindet, flexibel an unterschiedliche Brennstoffe angepasst werden kann, eine saubere Verbrennung ermöglicht, insbesondere die Emission von Stickoxiden und Feinstaub gegenüber herkömmlichen Verbrennungsmethoden verringert und darüber hinaus eine kompakte Bauweise und eine günstige Herstellung erlaubt.

**[0004]** Die erfindungsgemäßen Aufgaben werden durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst.

**[0005]** Weitere Erfindungsgemäße Merkmale sind in den Unteransprüchen beansprucht.

**[0006]** Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass vor und/oder in der Sekundärbrennkammer Sekundärluftöffnungen zur Zuführung von Sekundärluft vorgesehen sind, dass der Sekundärbrennkammer ein Gasabzug zum Abzug der Verbrennungsgase nachgeordnet ist, dass in Förderrichtung nach dem Ausbrandbereich ein Brennrückstandsaustragsbereich zum Austrag des Brennrückstandes vorgesehen ist, wobei der Austrag in bevorzugter Weise über die Fördermittel geschieht, dass in Förderrichtung vor dem Trocknungsbereich eine Brennstoffzuführung zur Einbringung des Brennstoffes vorgesehen ist, wobei die Einbringung in bevorzugter Weise über die Fördermittel geschieht und/oder, dass die Fördermittel als entlang einer Förderwelle angeordnete Schaufelelemente ausgeführt sind, wobei die Förderwelle über einen Antrieb zumindest rotatorisch antreibbar ist. Vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind weiters, dass die Fördermittel als Schneckenförderer ausgeführt sind, wobei sich die Schaufelelemente schraubenförmig durch den Brennraum erstrecken und über einen Antrieb zumindest rotatorisch antreibbar sind, und wobei die Schaufelelemente bevorzugt schraubenförmig und bandförmig um die Förderwelle angeordnet sind, dass die schraubenförmig verlaufenden Schaufelelemente im Ausbrandbereich zumindest teilweise eine geringere Steigung aufweisen als im Ausgasungsbereich, dass der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schaufelelementen im Ausbrandbereich geringer ist als im Ausgasungsbereich und/oder dass die Fördergeschwindigkeit des Brennstoffs in Förderrichtung im Ausbrandbereich geringer ist als im Ausgasungsbereich. Weitere Merkmale sind, dass die Förderung in eine Förderrichtung erfolgt die im Wesentlichen waagrecht, schräg oder in eine von der Senkrechten abweichenden Richtung verläuft, dass der Brennraummantel und/oder die Förderwelle mit Primärluft und/oder Sekundärluft kühlbar ist, dass durch den Wellenhohlraum der Förderwelle und/oder den Mantelhohlraum Primärluft und/oder Sekundärluft geleitet oder leitbar ist und/oder, dass Primärluft und/oder Sekundärluft durch Durchleitung durch den Wellenhohlraum und/oder den Mantelhohlraum vorwärmbar ist.

**[0007]** Ferner ist zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgaben ein Verfahren nach Anspruch 11 vorgesehen.

**[0008]** Weiter Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind, dass die festen Bestandteile des Brenn-

stoffs bei stetiger Förderung durch die Brennkammer verbrannt werden, dass die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs in der Primärbrennkammer und in der Sekundärbrennkammer verbrannt werden, dass die unbrennbaren Bestandteile des Brennstoffs als Brennrückstand von den Fördermitteln aus dem Brennraum abtransportiert werden, dass der Brennraummantel und/oder die Förderwelle mit Primärluft und/oder Sekundärluft gekühlt wird, dass der Wellenhohlraum der Förderwelle mit Primärluft und/oder Sekundärluft durchströmt wird und/oder dass Primärluft und/oder Sekundärluft bei Durchströmung des Wellenhohlraums und/oder den Mantelhohlraums vorgewärmt wird.

Ferner kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass der Brennstoff von einer rotatorisch angetriebenen Förderschnecke von einer Brennstoffzuführung in einen Trocknungsbereich, danach in einen Ausgasungsbereich, anschließend in einen Ausbrandbereich und dann in einen Brennrückstandsaustragsbereich gefördert wird, und dass die Förderschnecke zur Erhöhung der Verweilzeit im Ausbrandbereich eine kleinere Steigung aufweist als in zumindest einem weiteren Bereich.

Zur optimalen Umsetzung der im Brennstoff enthaltenen Energie ist eine gewisse Verweilzeit des Brennstoffs im Brennraum vorzusehen. Diese ist insbesondere durch mehrere Phasen des Verbrennungsprozesses bestimmt. Die Phasen umfassen eine Trocknungsphase, eine Pyrolysephase, eine Ausgasungsphase und eine Abbrandphase. Bei herkömmlichen Pellets kann die Trocknungsphase im Wesentlichen vernachlässigt werden. Die Pyrolysephase und die Entgasungsphase sind eng miteinander verbunden und werden somit in weiterer Folge als Ausgasungsphase zusammengefasst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die vom Brennstoff zu durchlaufenden Verbrennungsphasen in unterschiedlichen Bereichen des Brennraums erfolgen. Nach Einbringung des Brennstoffs über eine Brennstoffzuführung in den Brennraum wird der Brennstoff durch Fördermittel in eine Förderrichtung gefördert. Zuerst durchläuft der Brennstoff den Trocknungsbereich, anschließend den Ausgasungsbereich und in weitere Folge den Ausbrandbereich. Nach dem Ausbrandbereich besteht das Fördergut im Wesentlichen aus Brennrückständen wie Asche, die über den Brennrückstandsaustragsbereich in einen Sammelbehälter abgeführt werden. Die Abbrandphasen des Brennstoffs, insbesondere die Bereiche der Abbrandphasen, sind nacheinander entlang der Förderrichtung des Brennstoffs angeordnet. Es entspricht jedoch dem Erfindungsgedanken, dass die Bereiche einander überschneiden. Ein Vorteil der Trennung und/oder Aneinanderreihung der unterschiedlichen Abbrandphasen ist, dass pro Bereich Parameter wie die Zufuhr der Primärluft, die Temperatur und die Verweildauer des Brennstoffs in dem jeweiligen Bereich getrennt beeinflusst und/oder gesteuert werden können.

**[0009]** Im Trocknungsbereich wird Wärme über den Brennraummantel, das Fördermittel oder andere Einrichtungen an den Brennstoff abgegeben. Der Wärmetrans-

port geschieht dabei entgegen der Förderrichtung des Brennstoffs bevorzugt über Wärmeleitung. Die Wärme selbst stammt von der Verbrennung, welche in den darauffolgenden Bereichen geschieht. Die maximalen Temperaturen im Trocknungsbereich betragen etwa 120°C bis 180°C.

**[0010]** In Förderrichtung nachfolgend ist der Ausgasungsbereich vorgesehen, in welchem die Entgasung und Pyrolyse des Brennstoffs geschieht. Dieser Bereich kann auch als Hauptprimärverbrennungsbereich bezeichnet werden. Der Bereich befindet sich in unmittelbarer Nähe der Brennkammeröffnung. Im Ausgasungsbereich werden in dem Ausgasungsprozess in einem endothermen Prozess die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs freigesetzt und mit dem über die Primärluftöffnungen im Brennraum zugeführten Luftsauerstoff zumindest partiell oxidiert. Wie angemerkt wird ein Teil der dabei frei werdenden Wärme über Wärmeleitung im Fördermittel, im Brennraummantel oder über sonstige Einrichtungen in den Trocknungsbereich geleitet. Die Einbringung von Primärluft in den Ausgasungsbereich bewirkt auch eine Kühlung des Brennraums und/oder der Brennkammer.

**[0011]** Bei der Entgasung und Pyrolyse des Brennstoffs wird selbiger zumindest teilweise, bevorzugt vollständig in Koks oder Kohle umgewandelt. Die Maximaltemperaturen im Ausgasungsbereich betragen etwa zwischen 600°C und 800°C und bis zu 1000°C. Bevorzugt liegen die Temperaturen im Ausgasungsbereich unterhalb der Ascheerweichungstemperatur des Brennstoffs.

**[0012]** Im Ausbrandbereich findet der Ausbrand des Koks oder der Kohle zu Asche statt. Der für die Oxidation benötigte Sauerstoff wird über Primärluftöffnungen des Bereichs zugeführt. Die Asche oder der Brennrückstand werden in weiterer Folge von den Fördermitteln durch einen Brennrückstandsaustragsbereich abgeführt. Die Temperatur im Ausbrandbereich beträgt etwa 200°C bis 400°C. Bevorzugt liegen auch die Temperaturen im Ausbrandbereich unterhalb der Ascheerweichungstemperatur des Brennstoffs.

**[0013]** Insbesondere im Ausbrandbereich bzw. beim Ausbrandprozess kommt es zu einer starken Volumenreduktion des Brennstoffs. Zur zumindest teilweisen Kompensation der Volumenreduktion ist eine Veränderung der Geometrie des Fördermittels vorgesehen. Diese Änderung der Geometrie ist vorteilhaft, um einerseits das geringe verbleibende Volumen weiterzufördern und andererseits um eine ausreichend gute Einbringung der Primärluft durch die Primärluftöffnung in diesem Bereich zu erreichen.

Ein weiterer Effekt, der durch die Veränderung der Geometrie des Fördermittels erzielt werden kann, ist eine Veränderung der Verweildauer des Brennstoffs im betreffenden Bereich. Diese Verlängerung der Verweildauer ist vorteilhaft, da die Verbrennung des Kohlenstoffs länger dauert, als die Ausgasung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs.

**[0014]** Sowohl im Ausgasungsbereich als auch im

Ausbrandbereich sind Primärluftöffnungen zur Zuführung der Primärluft vorgesehen. Über diese kann die beispielsweise die Oxidation des Brennstoffes und die Kühlung des Brennraums beeinflusst und/oder gesteuert werden.

**[0015]** Die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs werden, wie angemerkt, im Ausgasungsbereich mit der Primärluft zumindest teilweise oxidiert. Diese Reaktion geschieht insbesondere in der Primärbrennkammer, die sich vom Glutbett des Ausgasungsbereichs durch die Brennkammeröffnung in die Brennkammer erstreckt. Der Primärbrennkammer in Strömungsrichtung der aufsteigenden Verbrennungsgase nachfolgend liegt die Sekundärbrennkammer. Im Bereich der Sekundärbrennkammer sind Sekundärluftöffnungen zur Zuführung der Sekundärluft vorgesehen. Erfindungsgemäß können diese entlang eines Sekundärluft-Brennrings angeordnet sein. In der Sekundärbrennkammer erfolgt die Oxidation aller brennbaren Gase zu Kohlendioxid, Wasser und gegebenenfalls zu weiteren Abgasen.

**[0016]** Gemäß der vorliegenden Erfindung werden im Ausgasungsbereich die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs aus dem Brennstoffmassenstrom des Brennraums entnommen und in Form eines gasförmigen Teilmassenstroms durch die Brennkammer geleitet. Die Brennkammer und der Brennraum sind im Wesentlichen durch miteinander kommunizierende Hohlräume gebildet. Der Brennstoff wird kontinuierlich durch den Brennraum gefördert und durchläuft dabei die unterschiedlichen Abbrandphasen, in denen dem Brennstoff vorzugsweise alle brennbaren Bestandteile entnommen werden, sodass schlussendlich nur noch Brennrückstand in Form von Asche überbleibt. Die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs werden zusammen mit den Verbrennungsgasen der getrennten Brennkammer zugeführt und dort gegebenenfalls durch Einbringung von Sekundärluft nachverbrannt. Somit sind die einzelnen Phasen der Umwandlung des Brennstoffs im Trocknungsbereich und im Ausbrandbereich getrennt von der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs, welche im Ausgasungsbereich, in der Brennkammer, insbesondere in der Primärbrennkammer und der Sekundärbrennkammer geschieht. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Bereiche einander überschneiden können. Die Trennung der Bereiche und der Brennkammern bietet den Vorteil, dass in jedem Bereich die Luftzufuhr sowie der Massendurchsatz, die Verweildauer und Strömungsverhältnisse getrennt betrachtet und beeinflusst werden können. Erst durch diese Trennung wird die erfindungsgemäße Erhöhung des Wirkungsgrades und Verbesserung der Verbrennung erreicht.

**[0017]** Insbesondere wird durch Vermeidung der Überschreitung der Ascheerweichungstemperatur die Verschlackung verhindert oder minimiert.

**[0018]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung ist, dass insbesondere durch die getrennte Zuführung von Primär und Sekundärluft, sowie durch die Möglichkeit der kontrollierten Temperatur im Brennraum,

die Freisetzung von Feinstaubpartikeln aus dem Glutbett vermindert wird.

**[0019]** Erfindungsgemäß kann die Sekundärluft sowie die Primärluft vor der Einleitung in den Brennraum oder die Brennkammer vorgewärmt werden. Diese Vorwärmung kann durch einen Wärmeaustausch mit einer oder mehrerer Komponenten der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgen. Beispielsweise kann die Primärluft oder die Sekundärluft entlang der Außenseite des, durch die Verbrennung erwärmten, Brennraummantels geführt sein. Ferner kann die Primärluft oder die Sekundärluft durch Hohlkörper im Brennraum oder in der Brennkammer geführt sein. Bei der Vorwärmung der Primär- und/oder Sekundärluft können Komponenten der Vorrichtung gekühlt werden, um somit die Lebensdauer zu erhöhen und/oder die Verbrennung und den Wirkungsgrad zu verbessern.

Die Verbrennungsregelung erfolgt beispielsweise leistungsfähig durch Steuerung des Brennstoffmassenstroms, durch Steuerung der Fördermittel, bzw. durch Steuerung der Taktgeschwindigkeit oder der Rotationsgeschwindigkeit des Antriebs der Förderwelle. Synchron dazu kann beispielsweise über die Drehzahlregelung eines Saugzuggebläses die Verbrennungsluftmenge, insbesondere der Primärluftmassenstrom und der Sekundärluftmassenstrom gesteuert sein. Auch eine Anpassung an unterschiedliche Brennstoffe zur Optimierung des Wirkungsgrades, zur Unterschreitung der Ascheerweichungstemperatur und zu Verbesserung der Verbrennung kann durch Wahl der Antriebstatung und/oder Drehzahl und Wahl des Verbrennungsluftmassenstroms vorgenommen werden.

**[0020]** In weiterer Folge wird die Erfindung anhand konkreter Ausführungsbeispiele weiter erörtert:

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese umfasst einen Brennraum 1, der zumindest teilweise von einem Brennraummantel 2 umgeben und bevorzugt ortsfest angeordnet ist. Der Brennraum ist im Wesentlichen länglich, rohrförmig ausgebildet und verläuft in bevorzugter Weise in einer Richtung, die von der Senkrechten abweicht. Im Brennraum 1 sind Fördermittel 3 vorgesehen, die in der dargestellten Ausführungsform als Förderschnecke ausgebildet sind. Dies Fördermittel 3 umfassen Schaufelelemente 21, die an einer Förderwelle 22 vorgesehen sind, welche von einem Antrieb 23 angetrieben und/oder antreibbar ist. In der vorliegenden Ausführung sind die Schaufelelemente 21 schraubenförmig an der im Wesentlichen durchgehenden Förderwelle 22 vorgesehen. Als Schaufelelemente 21 sind demnach die einzelnen Windungen oder Abschnitte der Förderschnecke bezeichnet. Die Förderschnecke ist in dem feststehenden Brennraum vom Antrieb gedreht und fördert dadurch den Brennstoff in Förderrichtung. Ferner ist die Förderschnecke im Wesentlichen der Innenseite des

Brennraums folgend ausgestaltet. Der Brennraum, insbesondere der Brennraummantel umschließt abschnittsweise die Förderschnecke um deren gesamten Umfang. Im Bereich der Brennstoffzuführung 5 wird der Brennstoff 4 von einem Vorratsbehälter 25 gegebenenfalls über eine Brennstoffdosierungsvorrichtung 24 in den Brennraum 1 eingebracht. Wie beschrieben, wird durch Drehung der Förderwelle 22 vom Antrieb 23 der Brennstoff 4 durch die schraubenförmig angeordneten Schaufelelemente 21 in Förderrichtung 26 bewegt. Bei Inbetriebnahme der Vorrichtung wird der Brennstoff 4 weiter zu einem Zündmittel 18 gefördert. Dieses Zündmittel ist eingerichtet, um den Brennstoff zumindest auf Pyrolysetemperatur zu bringen. Ist die Reaktion gestartet, so stellt sich im Brennraum eine kontinuierliche Verbrennung ein, die durch Einbringung weiteren Brennstoffs aufrechterhalten wird. Gegebenenfalls kann auch bei kontinuierlichem Betrieb das Zündmittel 18 zur Erhöhung der Temperatur eingesetzt werden. Das Zündmittel 18 ist bevorzugt im Ausgasungsbereich oder im unteren Bereich der Primärbrennkammer angeordnet. Es kann grundsätzlich aber auch an anderen Stellen im Brennraum vorgesehen sein.

**[0021]** Zuführter Brennstoff 4 wird über Fördermittel 3 vom Bereich der Brennstoffzuführung 5 in den Trocknungsbereich 14 gefördert. In diesem herrscht eine erhöhte Temperatur, bei der Restfeuchtigkeit aus dem Brennstoff entweicht. Dem Trocknungsbereich 14 nachgeordnet befindet sich in Förderrichtung 26 der Ausgasungsbereich 15. In diesem finden die Entgasung und die Pyrolyse des Brennstoffs statt. Die flüchtigen Bestandteile werden dabei durch die Brennkammeröffnung in die Brennkammer, insbesondere in die Primärbrennkammer 12 und die Sekundärbrennkammer 13 geleitet. Der für die Oxidation notwendige Sauerstoff wird in Form von Primärluft 6 durch eine oder mehrere Primärluftöffnungen 7 zugeführt. Die Zuführung der Primärluft kann dabei einerseits von Gebläsen oder pumpenähnlichen Vorrichtungen unterstützt sein. Andererseits entsteht durch Abzug der heißen Verbrennungsgase ein Sog, der gegebenenfalls durch pumpenähnliche Vorrichtungen unterstützt werden kann. Die bei der Entgasung und Pyrolyse des Brennstoffs 4 entstehenden gasförmigen Brennstoffbestandteile werden in der Primärbrennkammer zumindest teilweise oxidiert bzw. verbrannt. Der Primärbrennkammer 12 ist in Gasabzugsrichtung 36 eine Sekundärbrennkammer 13 nachgeordnet. Im Bereich der Sekundärbrennkammer 13 oder der Sekundärbrennkammer 13 vorgeordnet, sind eine, bevorzugt mehrere Sekundärluftöffnungen 9 vorgesehen. Durch diese wird Sekundärluft 8 in die Brennkammer 20 eingebracht. In der Brennkammer 20, insbesondere in der Sekundärbrennkammer 13 wird nun in bevorzugter Weise der gesamte brennbare Bestandteil der gasförmigen Brennstoffbestandteile oxidiert und in nutzbare Wärmeenergie

umgesetzt. Der Brennstoff 4 wird dabei von den Fördermitteln 3 kontinuierlich zum Ausbrandbereich 16 weitergefördert. Im Ausbrandbereich 16 sind weitere Primärluftöffnungen 7 zur vollständigen Verkokung, Verkohlung und/oder Verbrennung der Feststoffanteile des Brennstoffs vorgesehen. Insbesondere im Ausbrandbereich 16 wird das Volumen des Brennstoffs 4 stark reduziert. Ferner ist es für eine Optimierung des Wirkungsgrades und der Verbrennung vorteilhaft, die Verweilzeit des Brennstoffs im Ausbrandbereich 16 größer zu wählen, als beispielsweise im Ausgasungsbereich 15. Zur Erhöhung der Verweilzeit ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Steigung der Schraubkontur der Schaufelelemente 21 im Ausbrandbereich 16 zumindest teilweise geringer ist als im Ausgasungsbereich 15. Durch die geringere Steigung der Spiralkontur sind die Schaufelelemente 21 zwei aufeinanderfolgender Windungen näher aneinander gerückt. Durch diese Anordnung wird einerseits der Füllstand im Brennraum 1 im Ausbrandbereich 16 erhöht und andererseits die Fördergeschwindigkeit in Förderrichtung 26 bei konstanter Winkelgeschwindigkeit der Drehung der Förderwelle 22 verringert. Durch die Verringerung der Fördergeschwindigkeit in Förderrichtung 26 wird die Verweilzeit des Brennstoffs 4 im Ausbrandbereich 16 erhöht. Durch Veränderung der Antriebsdrehzahl kann der Brennstoffmassenstrom gesteuert werden, wobei die Fördergeschwindigkeit durch die Ausgestaltung der Fördermittel, insbesondere durch die Steigung der Förderschnecke bestimmt ist.

**[0022]** Die Primärluftöffnungen 7 sind in bevorzugter Weise im unteren Bereich des Ausgasungsbereichs 15 und des Ausbrandbereichs 16 des Brennraums 1 im Brennraummantel 2 angeordnet. Der durch Drehung der Fördermittel 3 erzeugte Vorschub des Brennstoffs 4 resultiert in einer Anhäufung des Brennstoffs 4 in einem, vom tiefstliegenden Bereich abweichenden seitlichen Bereich des Brennraums 1. Insbesondere wird der Brennstoff 4 um ein gewisses Maß von der Drehung der Fördermittel 3 mitgenommen und gegen die Schwerkraft am Brennraummantel 2 hinaufbewegt. Aus diesem Grund sind die Primärluftöffnungen 7 in der vorliegenden Ausführungsform bevorzugt asymmetrisch, von der tiefsten Stelle des Brennraumes 1 entfernt, angeordnet. Beispiele sind eine seitliche Versetzung von 20° bis 40° von der Lotrechten in Drehrichtung der Förderschnecke. Weitere Primärluftöffnungen können auch im oberen Bereich des Brennraums angeordnet sein.

**[0023]** In weiterer Folge wird der Brennstoff im Ausbrandbereich 16 von einem koks- oder kohleförmigen Stadium in Asche umgewandelt. Der Brennrückstand 10 wird in weiterer Folge von Fördermitteln 3 in den Brennrückstandsaustragsbereich 11 weitergefördert, von welchem er in einen Brennrückstandsbehälter 27 gelangt.

**[0024]** Zur weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades kann sowohl die Primärluft als auch die Sekundärluft vor der Einbringung in den jeweiligen Brennbereich vorgewärmt werden. Eine Möglichkeit der Vorwärmung ist die Führung der angesaugten Luft entlang der Außen-

seite des Brennraummantels oder entlang weiterer Komponenten, die durch Kontakt mit der thermischen Reaktion eine erhöhte Temperatur aufweisen. Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Förderwelle 22 als Hohlwelle ausgeführt ist und somit einen Wellenhohlraum 28 aufweist. Über eine erste Wellenöffnung 29 kann Luft in die Welle, insbesondere in den Wellenhohlraum 28 eingebracht werden und in diesem, beispielsweise in Förderrichtung, durch den Brennraum transportiert werden, wobei kein Gasaustausch zwischen dem Brennraum und dem Wellenhohlraum stattfindet. Am entgegengesetzten Endbereich der Förderwelle ist eine zweite Wellenöffnung 30 vorgesehen, durch welche die vorgewärmte Luft in den Brennraum oder die Brennkammer geleitet werden kann. In der vorliegenden Ausführung wird die vorgewärmte Luft, insbesondere die Sekundärluft weiter in einen Mantelhohlraum 31 geleitet, der den Brennraum 1 zumindest teilweise umgibt. Die Luft wird in weiterer Folge weiter erwärmt und über eine Sekundärluftzuleitung 32 und weiter über die Sekundärluftöffnungen 9 in die Brennkammer 20 eingebracht. Die Primärluft kann gemäß der vorliegenden Ausführung über eine Primärluftansaugung 33 und durch einen zweiten Mantelhohlraum 34 vorgewärmt und durch die Primärluftöffnungen 7 in dem Brennraum eingebracht werden.

**[0025]** Die gasförmigen Bestandteile des Verbrennungsprozesses sowie Restluft werden über den Gasabzug 35 abgeführt. Dieser ist bevorzugt der Brennkammer 20 nachgeordnet. Im Bereich des Gasabzugs und/oder der Brennkammer können ein oder mehrere Wärmetauscher zur Abführung der Brauchwärme angeordnet sein.

**[0026]** In der vorliegenden Ausführungsform ist die Förderrichtung 26 des Brennstoffs 4 im Wesentlichen waagrecht angeordnet. Der Teilmassenstrom der gasförmigen Bestandteile durch die Brennkammer 20 verläuft im Wesentlichen senkrecht nach oben. Wie angemerkt sind die Massenströme durch den Brennraum 1 und/oder die Brennkammer 20 geführt, welche im Wesentlichen aus miteinander kommunizierenden Hohlkörpern, insbesondere rohrförmigen Bauteilen gebildet sind.

**[0027]** Gemäß einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform sind die Förderrichtung 26 und/oder die Längsmittelachse der Förderwelle 22 schräg nach unten verlaufend angeordnet. Somit wird der Brennstoff von einer höheren Position bei der Brennstoffzuführung 5 in eine tiefere Position in den Ausbrandbereich 16 gefördert. Diese Schrägstellung begünstigt den Brennstofftransport durch die Wirkung der Schwerkraft. Die Brennkammer 20, insbesondere der gasförmige Teilmassenstrom ist wiederum bevorzugt senkrecht nach oben verlaufend angeordnet, um den aufsteigenden heißen gasförmigen Bestandteilen möglichst wenig Widerstand zu bieten.

**[0028]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Förderrichtung 26 und/oder die Verlaufrichtung der Förderwelle schräg nach oben ausgerichtet.

**[0029]** Die Fördermittel 3 der unterschiedlichen Aus-

führungsformen können erfindungsgemäß unterschiedlich ausgeformt sein:

Eine Möglichkeit ist das Vorsehen eines schraubenförmig um die Förderwelle 22 verlaufenden bandförmigen Körpers. Dieser ist an der Innenseite im Wesentlichen an der Förderwelle 22 anliegend und an seiner Außenseite dem Brennraum 1 folgend ausgebildet. Somit schließt das Band an seiner Außenseite mit dem Brennraummantel 2 ab. Bevorzugt ist der Brennraum 1 bei dieser Ausführung zylinderförmig ausgebildet. Vom Aufbau und vom Förderprinzip entspricht diese Ausgestaltung einem Schneckenförderer.

**[0030]** Gemäß einer weiteren Ausführung der Fördermittel 3 weist die Förderschnecke, insbesondere das schraubenförmig verlaufende Band radiale Einschnitte auf, um beispielsweise einen Luftstrom parallel zur Förderrichtung zu erlauben. Diese Ausgestaltung erlaubt besseren Gastransport entgegen der Förderrichtung 26.

**[0031]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Fördermittel 3 sind Leitelemente an der Förderwelle 22 vorgesehen, die gegenüber der jeweiligen Drehebene in Förderrichtung 26 schräggestellt sind. Diese plattenförmigen Elemente können propellerähnlich oder schaufelähnlich am Umfang und entlang der Längserstreckung der Förderwelle vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Fördermittel 3 sind beweglich angeordnete Leitelemente an der Förderwelle 22 vorgesehen, die je nach gewünschtem Förderdurchsatz schräggestellt oder flachgestellt werden können.

Nach einer weiteren Ausführungsform sind die Fördermittel 3 durch eine wellenfreie Schnecke gebildet, die zumindest an einem Endbereich vom Antrieb angetrieben ist.

**[0032]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Fördermittel 3 je nach Bereich unterschiedliche Steigungen und/oder unterschiedliche Abstände zueinander aufweisen. Im Falle einer Förderschnecke weist die Schnecke im Bereich des Ausbrandbereichs und/oder des Brennrückstandsaustragsbereich eine geringere Steigung und/oder einen geringeren Abstand der Schaufelelemente 21 zueinander auf. Bei konstanter Drehung der Förderwelle 22 durch den Antrieb 23 wird somit in diesem Bereich die Fördergeschwindigkeit verringert. Ein weiterer Effekt ist, dass durch das nähere Aneinanderrücken der einzelnen Schaufelelemente 21 das Volumen zwischen zwei Windung geringer ist als im Bereich mit größerem Abstand der Schaufelelemente 21. Dadurch wird der Füllstand im Bereich der näher zusammengerückten Schaufelelemente 21 mit geringerer Steigung erhöht. Ferner wird durch die Verringerung der Fördergeschwindigkeit die Verweilzeit in diesem Bereich erhöht.

**[0033]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere zum Einsatz als Pelletsbrenner oder Premium-Hackgutbrenner für Kleinfeuerungen und Hausbrand geeignet. Beispiele dafür sind Pellets-Heizkessel für Heizleistungen von etwa 10kW bis etwa 30kW mit Automatikbetrieb für die Brennstoffzündung, Brennstoffzufüh-

5 rung, Verbrennungsregelung und Entsorgung der Verbrennungsrückstände aus dem Brennbereich. Die Wirkungsgrade liegen bevorzugt über 90%, insbesondere bei 94%-95%. Die Abmessung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen muss in einem gewissen Rahmen liegen, um eine Unterbringung in Wohnhäusern zu ermöglichen. Die erfindungsgemäße kompakte Anordnung der Vorrichtung erlaubt Abmessungen, die eine Höhe von 1800mm bevorzugt 1500mm, eine Breite von 1000mm bevorzugt 600mm und eine Einbautiefe von 1000mm bevorzugt 750mm nicht übersteigen. Durch weitere Optimierung können diese Abmaße weiter verringert werden. Anzumerken ist, dass diese Abmessungen die Abmessungen die Primär- und Sekundärbrennkammern sowie die Zuführung der Pellets und gegebenenfalls einen Pelletstank beinhalten.

[0034] Die Pellets können beispielsweise über Saugsysteme oder Schneckenfördersysteme der erfindungsgemäßen Vorrichtung zugeführt werden.

[0035] Als Hilfsenergie für den Zündvorgang können 1000-2000W ausreichend sein. Der Stromverbrauch im Dauerbetrieb einschließlich der Brennstoffzuführung beträgt beispielsweise maximal 150W. Ferner kann in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Pelletsvorratsbehälter von etwa 120l Inhalt vorgesehen sein.

[0036] Als Brennstoffe eignen sich unterschiedliche Holzpelletsarten, Premium-Hackgut, Rapspressrückstände, Olivenschrot, Obsttrester, gepresste Gräser und weiteres gepresstes biologisches Material.

[0037] Ferner müssen bei der Verbrennung die jeweiligen national geltenden Emissionsgrenzwerte für Hausbrand eingehalten werden. Insbesondere betrifft dies Grenzwerte für Gesamtstaub, NO<sub>x</sub> und CO-Emissionen. Weiters muss die erfindungsgemäße Vorrichtung den nationalen Sicherheitsregularien für Brenner bzw. Heizkessel entsprechen.

[0038] Erfindungsgemäß kann beispielsweise folgendes Verbrennungsprinzip zur Anwendung kommen: Aus einem Vorratsbehälter werden die Pellets mit einem herkömmlichen Fördersystem durch eine Zellschleuse in den Fördersatz der Brennschnecke eingebracht, wo sie beim Brennstart durch ein Zündmittel mittels elektrischer Widerstandsheizung gezündet und mit zugeführter Luft in einer Vorverbrennungsstufe in den gasförmigen Zustand überführt werden. Nach dem Brennerstart erfolgt die Zündung des zugeführten Brennstoffs durch Wärmerückstrahlung und Wärmerückleitung aus dieser Vorverbrennung. Bevorzugt findet die Feststoffverbrennung des Brennstoffes im Brennraum, in der Förderschnecke, zwischen den Fördermitteln und/oder vom Brennraummantel eingeschlossen statt. Ferner findet die Feststoffverbrennung des Brennstoffes bei stetiger Förderung, bevorzugt in einem Schneckenförderer statt. Die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs findet bevorzugt in einer, mit dem Brennraum verbundenen Brennkammer statt.

[0039] Die Steuerung der Fördergeschwindigkeit der Brennerschnecke erfolgt taktend und abhängig von der

gewünschten Heizleistung.

[0040] Aus dem mittleren Abschnitt der Brennerschneckenführung - dem Ausgasungsbereich - wird der gasförmig ausbreitende Brennstoff aus der ersten Verbrennungsstufe unter Zuführung von Luft zur Nachverbrennung und Erzeugung des Verbrennungsgases in den darüber angeordneten Brennerring geführt.

[0041] Im Endabschnitt der Brennerschneckenführung wird die zurückbleibende Asche und Schlackenreste von der Schnecke in einen Behälter transportiert. Die Schnecke bewirkt den restlosen Austrag dieser Rückstände aus dem Führungsrohr, sodass im Verbrennungsbereich die Primärluftzuführung und der Verbrennungsprozess nicht behindert werden.

[0042] Weitere konstruktive Merkmale einer möglichen Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung: Die Brennkammer wird beispielsweise aus feuerfesten Formsteinen in zylindrischer Bauweise ausgeführt und wird über dem Sekundärluft-Brennerring oder der Sekundärluftöffnung angeordnet.

Der Wärmetauscher wird in einer Stahlkonstruktion zur Erwärmung des Wärmeträgers für Heizzwecke ausgeführt. Der Wärmeabgabe des Verbrennungsgases an den Wärmeträger erfolgt beispielsweise über zylindrische Rohre. Zur Erhöhung des Wärmeüberganges und zur Erzielung einer kompakten Bauweise können in den Wärmetauscherrohren Einsätze vorgesehen sein. Diese Einsätze werden beweglicher Form, um die Wärmetauscherrohre mechanisch zu reinigen. Eine weitere Aufgabe besteht darin, einen Mechanismus zur Steuerung der Einsätze für einen teilweisen Verschluss von Wärmetauscherrohren zur Angleichung der verbrennungsseitigen Wärmetauscherflächen an die Heizleistung bei Teillastbetrieb zu erzielen. Dabei kann die Abgastemperatur so gesteuert sein, dass sie über 140° beträgt, wodurch herkömmliche Schornsteine verwendet werden können.

[0043] Die Verbrennungsgasführung und die Verbrennungsluftzuführung können mittels Drehzahlgeregelten Saugzuggebläsen erfolgen.

[0044] Die Verbrennungsregelung erfolgt leistungsabhängig durch Steuerung der Taktgeschwindigkeit des Antriebs der Brennerschnecke und synchron dazu durch Steuerung der Verbrennungsluftmenge über die Drehzahlregelung des Saugzuggebläses. Regelungskriterien sind beispielsweise die Leistungsanforderung und die gewünschte/nötige Verweilzeit des Brennstoffs im Brennraum. Die Steuerung zur Aufteilung der Verbrennungsluftmenge in die Primärluftmenge und die Sekundärluftmenge kann beispielsweise zur Minimierung der NO<sub>x</sub>-Emissionen auf unter 100mg/MJ Brennstoffleistung und der Staubemissionen unter 35mg/MJ Brennstoffleistung im Leistungsbereich von 10kW bis etwa 30kW bei Holzbrennstoffen in Pelletsform gewählt werden.

[0045] Ferner ist bei der Verkleidung und Isolierung eine Dimensionierung vorzusehen, sodass das Wirkungsgradziel von etwa 95% erreicht wird. Die Trocknung des Brennstoffs erfolgt bei einer Temperatur von bis zu 150°C. Bei höheren Temperaturen werden Be-

standteile des Brennstoffs wie beispielsweise Lignin oder Zellulose vergast. Dieses Gas entzündet sich sobald Sekundärluft zugeführt wird, wobei der Flamm bei etwa 230-280°C liegt. Das Ausdampfen der gasförmigen Bestandteile des Brennstoffs geschieht bei etwa 500-900°C.

Die Temperaturen in der primären Brennkammer können beispielsweise 700-900°C betragen. Die Temperaturen in der sekundären Brennkammer können beispielsweise betragen 900-1200°C.

Ferner können zur Verbesserung der Förderleistung und der Förderqualität zwei parallel oder gegenlaufende Fördermittel insbesondere Förderschnecken eingesetzt werden.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff (4) wie Holzpellets oder Hackgut, wobei der Brennstoff (4) im Brennraum (1) in einem Trocknungsbereich (14) einen Trocknungsprozess, in einem Ausgasungsbereich (15) einen Ausgasungsprozess und in einem Ausbrandbereich (16) einen Ausbrandprozess durchläuft, wobei Fördermittel (3) zur kontinuierlichen Förderung des Brennstoffs (4) durch den Trocknungsbereich (14), den Ausgasungsbereich (15) und den Ausbrandbereich (16) vorgesehen sind, wobei der Trocknungsbereich (14), der Ausgasungsbereich (15) und der Ausbrandbereich (16) im Brennraum in Förderrichtung (26) nacheinander und/oder einander überschneidend angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine getrennte Brennkammer vorgesehen ist, der die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs zusammen mit den Verbrennungsgasen zugeführt und dort gegebenenfalls durch Einbringung von Sekundärluft nachverbrannt werden, **dass** die Feststoffverbrennung des Brennstoffes bei stetiger Förderung, bevorzugt in einem Schneckenförderer, stattfindet, **dass** die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs in einer mit dem Brennraum verbundenen Brennkammer stattfindet, **sodass** die einzelnen Phasen der Umwandlung des Brennstoffs im Trocknungsbereich und im Ausbrandbereich getrennt von der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs sind, welche im Ausgasungsbereich und in der Brennkammer, insbesondere in der Primärbrennkammer und der Sekundärbrennkammer geschieht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgasungsbereich (15) mit einer Primärbrennkammer (12) verbunden ist, dass der Ausgasungsbereich (15) die Primärbrennkam-

mer (12) zumindest teilweise umfasst und/oder dass die Primärbrennkammer (12) mit einer Sekundärbrennkammer (13) verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs im Ausgasungsbereich mit der Primärluft zumindest teilweise oxidiert werden, wobei diese Reaktion insbesondere in der Primärbrennkammer geschieht, die sich vom Glutbett des Ausgasungsbereichs durch die Brennkammeröffnung in die Brennkammer erstreckt, und dass der Primärbrennkammer in Strömungsrichtung der aufsteigenden Verbrennungsgase nachfolgend die Sekundärbrennkammer angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Ausgasungsbereich (15) und/oder im Ausbrandbereich (16) Primärluftöffnungen (7) zur Zuführung von Primärluft (6) vorgesehen sind und dass gegebenenfalls vor und/oder in der Sekundärbrennkammer (13) Sekundärluftöffnungen (9) zur Zuführung von Sekundärluft (8) vorgesehen sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Förderrichtung (26) nach dem Ausbrandbereich (16) ein Brennrückstandsaustragsbereich (11) zum Austrag des Brennrückstandes vorgesehen ist, wobei der Austrag in bevorzugter Weise über die Fördermittel (3) geschieht.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Förderrichtung (26) vordem Trocknungsbereich (14) eine Brennstoffzuführung (5) zur Einbringung des Brennstoffes vorgesehen ist, wobei die Einbringung in bevorzugter Weise über die Fördermittel (3) geschieht.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördermittel (3) als entlang einer Förderwelle (22) angeordnete Schaufelelemente (21) ausgeführt sind, wobei die Förderwelle (22) über einen Antrieb (19, 23) zumindest rotatorisch antreibbar ist und/oder dass die Fördermittel (3) als Schneckenförderer ausgeführt sind, wobei sich die Schaufelelemente (21) schraubenförmig durch den Brennraum erstrecken und über einen Antrieb (19, 23) zumindest rotatorisch antreibbar sind, wobei die Schaufelelemente (21) bevorzugt schraubenförmig und bandförmig um die Förderwelle (22) angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die schraubenförmig verlaufenden Schaufelelemente (21) im Ausbrandbereich (16) zumindest teilweise eine geringere Stei-



- gung aufweisen als im Ausgasungsbereich (15), dass der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schaufelelementen (21) im Ausbrandbereich (16) geringer ist als im Ausgasungsbereich (16) und/oder dass die Fördergeschwindigkeit des Brennstoffs (4) in Förderrichtung (26) im Ausbrandbereich (16) geringer ist als im Ausgasungsbereich (15).
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Förderung in eine Förderrichtung (26) erfolgt die im Wesentlichen waagrecht, schräg oder in eine von der Senkrechten abweichenden Richtung verläuft.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennraummantel (2) und/oder die Förderwelle (22) mit Primärluft und/oder Sekundärluft kühlbar ist, dass durch den Wellenhohlraum (28) der Förderwelle (22) und/oder den Mantelhohlraum (31) Primärluft und/oder Sekundärluft geleitet ist und/oder dass Primärluft und/oder Sekundärluft durch Durchleitung durch den Wellenhohlraum (28) und/oder den Mantelhohlraum (31) vorwärmbar ist.
11. Verfahren zur Verbrennung von rieselfähigem, festem Brennstoff wie Holzpellets oder Hackgut in einem Brennraum, wobei der Brennstoff im Brennraum in einem Trocknungsbereich einen Trocknungsprozess, in einem Ausgasungsbereich einen Ausgasungsprozess und in einem Ausbrandbereich einen Ausbrandprozess durchläuft, wobei der Brennstoff über Fördermittel kontinuierlich zuerst durch den Trocknungsbereich, dann durch den Ausgasungsbereich und anschließend durch den Ausbrandbereich gefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs zusammen mit den Verbrennungsgasen einer getrennten Brennkammer zugeführt und dort gegebenenfalls durch Einbringung von Sekundärluft nachverbrannt werden, **dass** die Feststoffverbrennung des Brennstoffes bei stetiger Förderung, bevorzugt in einem Schneckenförderer, stattfindet **und dass** die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs bevorzugt in der mit dem Brennraum verbundenen Brennkammer stattfindet, **sodass** die einzelnen Phasen der Umwandlung des Brennstoffs im Trocknungsbereich und im Ausbrandbereich getrennt von der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs sind, welche im Ausgasungsbereich und in der Brennkammer, insbesondere in der Primärbrennkammer und der Sekundärbrennkammer geschieht.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Ausgasungsbereich und/oder im Ausbrandbereich Sauerstoff, insbesondere Primärluft zugeführt wird und dass die beim Ausgasungsprozess aus dem Brennstoff entweichenden flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs in einen Brennraum geleitet werden und dort mit Primärluft und/oder Sekundärluft oxidiert werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff mit einer Fördergeschwindigkeit durch den Brennraum gefördert wird, wobei die Fördergeschwindigkeit im Ausbrandbereich geringer ist als im Ausgasungsbereich und/oder im Trocknungsbereich und dass bevorzugt der Brennstoff im Trocknungsbereich, im Ausgasungsbereich und im Ausbrandbereich jeweils eine Verweilzeit aufweist, wobei bevorzugt die Verweilzeit im Ausbrandbereich höher ist als im Ausgasungsbereich und/oder im Trocknungsbereich.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flüchtigen Bestandteile des Brennstoffs in der Primärbrennkammer und in der Sekundärbrennkammer verbrannt werden.
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff von einer rotatorisch angetriebenen Förderschnecke von einer Brennstoffzuführung in einen Trocknungsbereich, danach in einen Ausgasungsbereich, anschließend in einen Ausbrandbereich und dann in einen Brennrückstandsaustragsbereich gefördert wird, und dass die Förderschnecke zur Erhöhung der Verweilzeit im Ausbrandbereich eine kleinere Steigung aufweist als in zumindest einem weiteren Bereich.

## Claims

1. A device for the combustion of free-flowing solid fuel (4) such as wood pellets or wood chips, wherein the fuel (4) in the combustion space (1) undergoes a drying process in a drying region (14), an outgassing process in an outgassing region (15) and a burnout process in a burnout region (16), wherein conveying means (3) are provided for continuously conveying the fuel (4) through the drying region (14), the outgassing region (15) and the burnout region (16), and wherein the drying region (14), the outgassing region (15) and the burnout region (16) are arranged in the combustion space successively and/or in an overlapping manner in the conveying direction (26), **characterized in that** a separate combustion chamber is provided, wherein the volatile components of

- the fuel are fed to said separate combustion chamber together with the combustion gases and optionally post-combusted therein by introducing secondary air,  
 that the solids combustion of the fuel takes place while it is continuously conveyed, preferably in a screw conveyor, and  
 that the combustion of the volatile components of the fuel takes place in a combustion chamber, which is connected to the combustion space, such that the individual phases of the conversion of the fuel in the drying region and in the burnout region are separated from the combustion of the volatile components of the fuel, which takes place in the outgassing region and in the combustion chamber, particularly in the primary combustion chamber and the secondary combustion chamber.
2. The device according to claim 1, **characterized in that** the outgassing region (15) is connected to a primary combustion chamber (12), that the outgassing region (15) at least partially comprises the primary combustion chamber (12) and/or that the primary combustion chamber (12) is connected to a secondary combustion chamber (13).
  3. The device according to claim 1 or 2, **characterized in that** the volatile components of the fuel are in the outgassing region at least partially oxidized with the primary air, wherein this reaction particularly takes place in the primary combustion chamber, which extends from the firebed of the outgassing region into the combustion chamber through the combustion chamber opening, and that the secondary combustion chamber is arranged downstream of the primary combustion chamber referred to the flow direction of the ascending combustion gases.
  4. The device according to one of claims 1-3, **characterized in that** primary air openings (7) for supplying primary air (6) are provided in the outgassing region (15) and/or in the burnout region (16), and that secondary air openings (9) for supplying secondary air (8) are optionally provided upstream of and/or in the secondary combustion chamber (13).
  5. The device according to one of claims 1-4, **characterized in that** a combustion residue discharge region (11) for discharging the combustion residue is provided downstream of the burnout region (16) referred to the conveying direction (26), wherein the discharge is preferably realized with the aid of the conveying means (3).
  6. The device according to one of claims 1-5, **characterized in that** a fuel feed (5) for introducing the fuel is provided upstream of the drying region (14) referred to the conveying direction (26), wherein the introduction is preferably realized with the aid of the conveying means (3).
  7. The device according to one of claims 1-6, **characterized in that** the conveying means (3) are realized in the form of bucket elements (21), which are arranged along a conveying shaft (22), wherein the conveying shaft (22) can be driven at least in a rotatory manner by means of a drive (19, 23), and/or that the conveying means (3) are realized in the form of a screw conveyor, wherein the bucket elements (21) extend helically through the combustion space and can be driven at least in a rotatory manner by means of a drive (19, 23), and wherein the bucket elements (21) preferably are arranged around the conveying shaft (22) helically and in a band-shaped manner.
  8. The device according to one of claims 1-7, **characterized in that** at least some of the helically extending bucket elements (21) have a smaller pitch in the burnout region (16) than in the outgassing region (15), that the distance between two successive bucket elements (21) is smaller in the burnout region (16) than in the outgassing region (15) and/or that the conveying speed of the fuel (4) in the conveying direction (26) is slower in the burnout region (16) than in the outgassing region (15).
  9. The device according to one of claims 1-8, **characterized in that** conveying takes place in a conveying direction (26), which essentially extends horizontally, angularly or in a direction other than vertical.
  10. The device according to one of claims 1-9, **characterized in that** the combustion space shell (2) and/or the conveying shaft (22) can be cooled with primary air and/or secondary air, that primary air and/or secondary air is conveyed through the shaft cavity (28) of the conveying shaft (22) and/or the shell cavity (31) and/or that primary air and/or secondary air can be pre-heated by being conveyed through the shaft cavity (28) and/or the shell cavity (31).
  11. A method for the combustion of free-flowing solid fuel such as wood pellets or wood chips in a combustion space, wherein the fuel in the combustion space undergoes a drying process in a drying region, an outgassing process in an outgassing region and a burnout process in a burnout region, and wherein the fuel is continuously conveyed through firstly the drying region, then the outgassing region and subsequently the burnout region with the aid of conveying means, **characterized in that** the volatile components of the fuel are fed to a separate combustion chamber together with the combustion gases and optionally

post-combusted therein by introducing secondary air,  
 that the solids combustion of the fuel takes place while it is continuously conveyed, preferably in a screw conveyor,  
 and that the combustion of the volatile components of the fuel preferably takes place in the combustion chamber, which is connected to the combustion space, such that the individual phases of the conversion of the fuel in the drying region and in the burnout region are separated from the combustion of the volatile components of the fuel, which takes place in the outgassing region and in the combustion chamber, particularly in the primary combustion chamber and the secondary combustion chamber.

12. The method according to claim 11, **characterized in that** oxygen, particularly primary air, is supplied in the outgassing region and/or in the burnout region, and that the volatile components of the fuel, which escape from the fuel during the outgassing process, are conveyed into a combustion space and oxidized therein with primary air and/or secondary air.

13. The method according to one of claims 11 or 12, **characterized in that** the fuel is conveyed through the combustion space with a conveying speed, wherein the conveying speed is slower in the burnout region than in the outgassing region and/or in the drying region, and that the fuel preferably has a respective residence time in the drying region, in the outgassing region and in the burnout region, wherein the residence time preferably is longer in the burnout region than in the outgassing region and/or in the drying region.

14. The method according to one of claims 11-13, **characterized in that** the volatile components of the fuel are combusted in the primary combustion chamber and in the secondary combustion chamber.

15. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fuel is conveyed from a fuel feed into a drying region, then into an outgassing region, subsequently into a burnout region and ultimately into a combustion residue discharge region by means of a screw conveyor, which is driven in a rotatory manner, and that the screw conveyor has a smaller pitch in the burnout region than in at least one other region in order to increase the residence time.

## Revendications

1. Dispositif destiné à la combustion d'un combustible solide s'écoulant facilement (4), comme des granulés de bois ou un matériau déchiqueté,

le combustible (4) passant dans l'espace de combustion (1), par une zone de séchage (14) dans un processus de séchage, par une zone de dégazage (15) dans un processus de dégazage et par une zone d'incinération (16) dans un processus d'incinération, des moyens de transport (3) étant prévus pour le transport continu du combustible (4) à travers la zone de séchage (14), la zone de dégazage (15) et la zone d'incinération (16),  
 la zone de séchage (14), la zone de dégazage (15) et la zone d'incinération (16) dans l'espace de combustion étant disposées dans le sens du transport (26) l'une derrière l'autre et/ou se chevauchant entre elles,

**caractérisé en ce qu'**une chambre de combustion séparée est prévue,

à laquelle les composants volatiles du combustible avec les gaz de combustion sont acheminés et y sont ultérieurement brûlés le cas échéant par apport d'air secondaire,

**en ce que** la combustion des matières solides du combustible a lieu avec un transport continu, de préférence dans un convoyeur à vis,

**en ce que** la combustion des composants volatiles du combustible a lieu dans une chambre de combustion reliée à l'espace de combustion, de telle sorte que les phases individuelles de la transformation du combustible dans la zone de séchage et dans la zone d'incinération sont séparées de la combustion des composants volatiles du combustible, laquelle intervient dans la zone de dégazage et dans la chambre de combustion, notamment dans la chambre de combustion primaire et la chambre de combustion secondaire.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la zone de dégazage (15) est reliée à une chambre de combustion primaire (12), **en ce que** la zone de dégazage (15) comprend au moins en partie la chambre de combustion primaire (12) et/ou **en ce que** la chambre de combustion primaire (12) est reliée à une chambre de combustion secondaire (13).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les composants volatiles du combustible sont au moins en partie oxydés dans la zone de dégazage avec de l'air primaire, cette réaction ayant lieu notamment dans la chambre de combustion primaire, qui s'étend du lit ardent de la zone de dégazage à travers l'ouverture de la chambre de combustion dans la chambre de combustion et **en ce que** la chambre de combustion primaire est disposée dans le sens d'écoulement des gaz de combustion ascendants à la suite de la chambre de combustion secondaire.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** dans la zone de dé-

- gazage (15) et/ou dans la zone d'incinération (16), des ouvertures d'air primaire (7) sont prévues pour l'alimentation de l'air primaire (6) et **en ce que** des ouvertures d'air secondaire (9) sont éventuellement prévues avant et/ou dans la chambre de combustion secondaire (13) pour l'alimentation d'air secondaire (8) .
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** dans le sens du transport (26), une zone d'extraction des résidus de combustion (11) est prévue après la zone d'incinération (16) pour extraire les résidus de combustion, l'extraction ayant lieu de façon préférée par les moyens de transport (3) .
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**une alimentation en combustible (5) est prévue dans le sens du transport (26) avant la zone de séchage (14) pour introduire du combustible, l'introduction ayant lieu de façon préférée par les moyens de transport (3).
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens de transport (3) sont exécutés comme des éléments à aubes (21) disposés le long d'un arbre de transport (22), l'arbre de transport (22) pouvant être au moins entraîné de façon rotative par un système d'entraînement (19, 23), et/ou **en ce que** les moyens de transport (3) sont exécutés sous la forme d'un convoyeur à vis sans fin, les éléments à aubes (21) s'étendant en forme d'hélice à travers l'espace de combustion et pouvant être au moins entraînés de façon rotative par un système d'entraînement (19, 23), les éléments à aubes (21) étant disposés de préférence en forme d'hélice et en forme de bande autour de l'arbre de transport (22).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les éléments à aubes passant en forme d'hélice (21) dans la zone d'incinération (16) comportent au moins en partie un pas plus faible que dans la zone de dégazage (15), **en ce que** l'intervalle entre deux éléments à aubes (21) successifs dans la zone d'incinération (16) est plus faible que dans la zone de dégazage (15) et/ou **en ce que** la vitesse de transport du combustible (4) dans le sens du transport (26) est plus faible dans la zone d'incinération (16) que dans la zone de dégazage (15).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le transport a lieu dans un sens de transport (26) qui passe pour l'essentiel horizontalement, en diagonale ou dans une direction s'écartant de la perpendiculaire.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'enveloppe de l'espace de combustion (2) et/ou l'arbre de transport (22) peut être refroidie avec de l'air primaire et/ou de l'air secondaire, **en ce que** de l'air primaire et/ou de l'air secondaire est dirigé à travers l'espace creux d'arbre (28) de l'arbre de transport (22) et/ou l'espace creux d'enveloppe (31) et/ou **en ce que** l'air primaire et/ou l'air secondaire peut être préchauffé en passant par l'espace creux d'arbre (28) et/ou l'espace creux d'enveloppe (31).
11. Procédé destiné à la combustion d'un combustible solide s'écoulant facilement comme des granulés de bois ou du matériau déchiqueté dans un espace de combustion, le combustible passant dans l'espace de combustion, par une zone de séchage dans un processus de séchage, par une zone de dégazage dans un processus de dégazage et par une zone d'incinération dans un processus d'incinération, le combustible étant transporté en continu par des moyens de transport d'abord à travers la zone de séchage, puis à travers la zone de dégazage et ensuite à travers la zone d'incinération, **caractérisé en ce que** les composants volatiles du combustible avec les gaz de combustion sont acheminés à une chambre de combustion séparée et y sont ultérieurement brûlés le cas échéant par apport d'air secondaire, **en ce que** la combustion des matières solides du combustible a lieu avec un transport continu, de préférence dans un convoyeur à vis, et **en ce que** la combustion des composants volatiles du combustible a lieu de préférence dans une chambre de combustion reliée à l'espace de combustion, de telle sorte que les phases individuelles de la transformation du combustible dans la zone de séchage et dans la zone d'incinération sont séparées de la combustion des composants volatiles du combustible, laquelle intervient dans la zone de dégazage et dans la chambre de combustion, notamment dans la chambre de combustion primaire et la chambre de combustion secondaire.
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** dans la zone de dégazage et/ou dans la zone d'incinération de l'oxygène, notamment de l'air primaire, est acheminé et **en ce que** pour le processus de dégazage les composants volatiles du combustible s'échappant du combustible sont dirigés dans un espace de combustion et y sont oxydés avec de l'air primaire et/ou de l'air secondaire.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 13, **caractérisé en ce que** le combustible est transporté à travers l'espace de combustion à une vitesse de transport, la vitesse de transport dans la

zone d'incinération étant plus faible que dans la zone de dégazage et/ou dans la zone de séchage et **en ce que** le combustible comporte de préférence respectivement dans la zone de séchage, dans la zone de dégazage et dans la zone d'incinération une durée de séjour, la durée de séjour dans la zone d'incinération étant plus élevée que dans la zone de dégazage et/ou dans la zone de séchage.

5

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, **caractérisé en ce que** les composants volatiles du combustible sont brûlés dans la chambre de combustion primaire et dans la chambre de combustion secondaire.

10

15

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le combustible est transporté d'une alimentation de combustible dans une zone de séchage, puis dans une zone de dégazage, ensuite dans une zone d'incinération et puis dans une zone d'extraction de résidus de combustion par un convoyeur à vis sans fin entraîné de façon rotative et **en ce que** le convoyeur à vis comporte un pas plus petit que dans au moins une autre zone pour augmenter la durée de séjour dans la zone d'incinération.

20

25

30

35

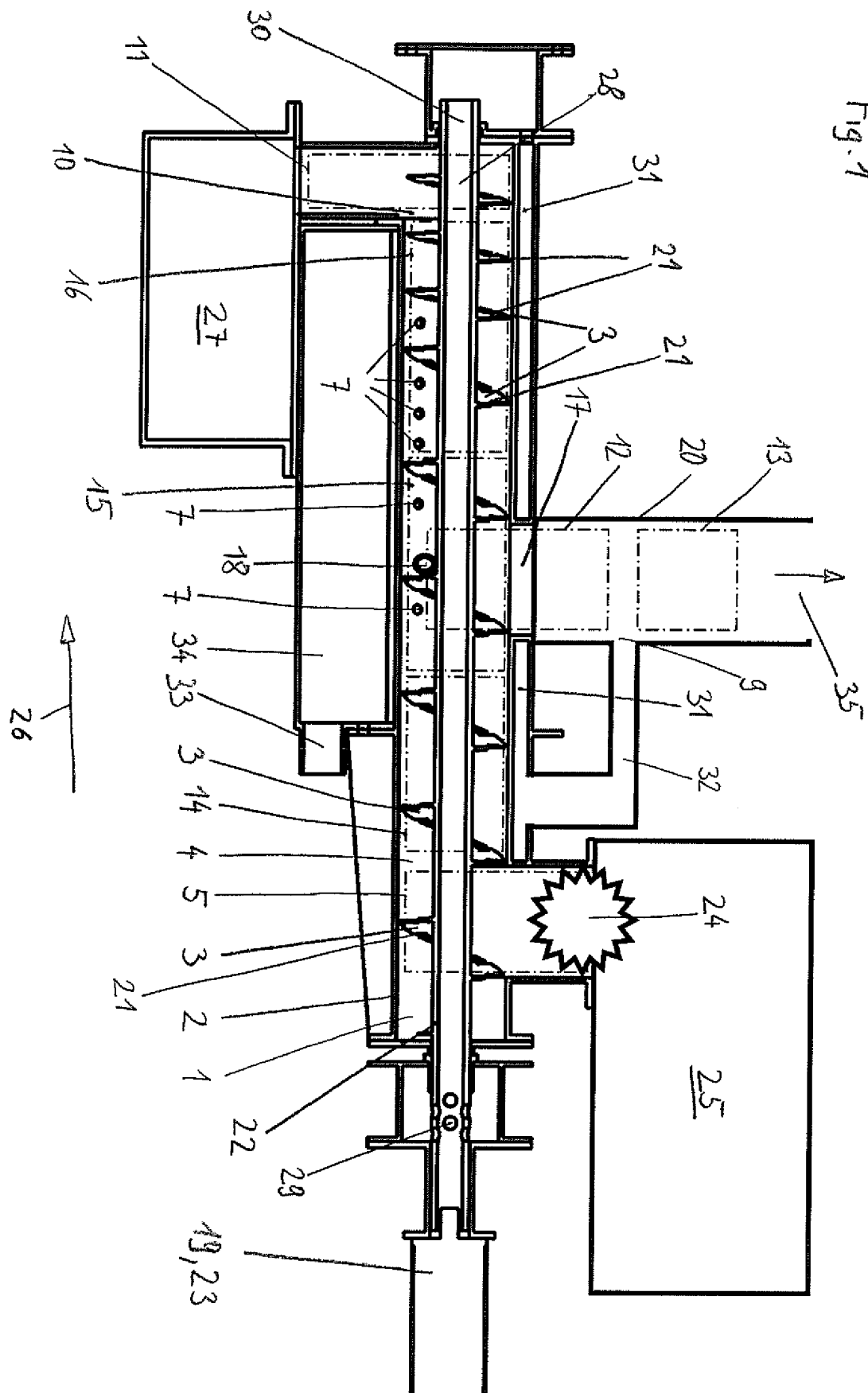
40

45

50

55

Fig. 1



**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**

- US 4009667 A [0001]