

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. September 2012 (27.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/126986 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C10J 3/26 (2006.01) C10J 3/20 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)

Lage 2, 49377 Vechta (DE). **RICHTER, Wilfried**
[DE/DE]; c/o Big Dutchman International GmbH, Auf der
Lage 2, 49377 Vechta (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/055082

(74) **Anwalt: EISENFÜHR SPEISER & PARTNER;**
Johannes-Brahms-Platz 1, 20355 Hamburg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. März 2012 (22.03.2012)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2011 004 328.2 22. März 2011 (22.03.2011) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **BIG DUTCHMAN INTERNATIONAL
GMBH** [DE/DE]; Auf der Lage 2, 49377 Vechta (DE).

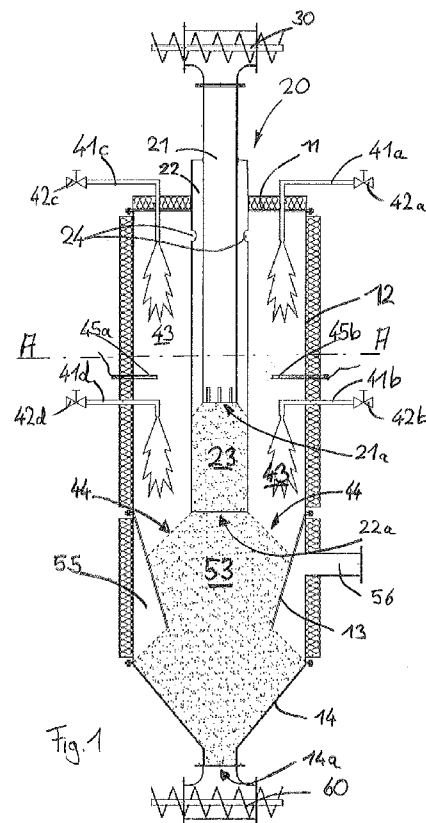
(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **SCHWARZ, Armin**
[DE/DE]; c/o Big Dutchman International GmbH, Auf der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SHAFT GASIFIER FOR OPERATING WITH A SUBSTOICHIOMETRIC OXIDATION

(54) **Bezeichnung :** SCHACHTVERGASER ZUM BETRIEB BEI EINER UNTERSTÖCHIOMETRISCHEN OXIDATION



(57) **Abstract:** The invention relates to a shaft gasifier for generating combustion gas from solid material that contains carbon. The shaft gasifier comprises a shaft wall that surrounds a shaft gasifier interior and a pyrolysis zone arranged in the shaft gasifier interior, said pyrolysis zone comprising a solid material feed opening for feeding solid material that contains carbon into the shaft gasifier, a solid material discharge opening for discharging partially gasified solid material that contains carbon, and a gas discharge opening for pyrolysis gas. The shaft gasifier also comprises an oxidation zone arranged in the shaft gasifier interior, said oxidation zone being in thermal contact with the pyrolysis zone, wherein the oxidation zone comprises a gas feed opening connected to the gas discharge opening of the pyrolysis zone for discharging pyrolysis gas out of the pyrolysis zone and the oxidation zone comprises a gas discharge opening. According to the invention, the oxidation zone lies between the pyrolysis zone and the shaft wall.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Schachtvergaser zur Erzeugung von Brenngas aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, umfassend eine einen Schachtvergaserinnenraum umschließende Schachtwandung, eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Pyrolysezone mit einer Feststoff-Zufuhröffnung zur Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Feststoff in den Schachtvergaser, einer Feststoff-Abfuhröffnung für die Abfuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff und einer Gas-Abfuhröffnung für Pyrolysegas,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/126986 A1



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Oxidationszone, welche in thermischen Kontakt mit der Pyrolysezone steht, mit einer Gas-Zufuhröffnung in Verbindung mit der Gas-Abfuhröffnung der Pyrolysezone zur Zufuhr von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone, einer Gas-Abfuhröffnung. Erfindungsgemäß ist die Oxidationszone zwischen der Pyrolysezone und der Schachtwand angeordnet.

Titel: Schachtvergaser zum Betrieb bei einer unterstöchiometrischen Oxidation

Die Erfindung betrifft einen Schachtvergaser zur Erzeugung von Brenngas aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, umfassend eine einen Schachtvergaserinnenraum umschließende Schachtwandung, eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Pyrolysezone mit einer Feststoff-Zufuhröffnung zur Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Feststoff in den

5 Schachtvergaser, einer Feststoff-Abfuhröffnung für die Abfuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff und einer Gas-Abfuhröffnung für Pyrolysegas, eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Oxidationszone, welche in thermischen Kontakt mit der Pyrolysezone steht, mit einer Gas-Zufuhröffnung in Verbindung mit der Gas-

10 Gas-Abfuhröffnung der Pyrolysezone zur Zufuhr von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone, einer Gas-Abfuhröffnung. Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von Brenngasen aus kohlenstoffhaltigem Feststoff.

Schachtvergaser der vorbezeichneten Art dienen dazu, um aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, beispielsweise aus biologischen Abfällen oder Pflanzenverschnitt in einer unverarbeiteten oder mechanisch aufbereiteten bzw. pelletierten Form ein brennbares Gas zu erzeugen. Dabei sind Schachtvergaser dieser Art grundsätzlich solcherart konstruiert, dass der Feststoff unter Wärmeeinwirkung einer Pyrolysereaktion unterzogen wird, hierbei vergast und dieses Gas als Brenngas abgezogen wird.

Aus EP 1 865 046 A1 ist ein solcher Schachtvergaser und ein Vergasungsverfahren bekannt, bei dem das pyrolierte Gas einer Oxidationszone zugeführt wird, um es dort teilweise zu verbrennen. Die Oxidationszone ist zentral im Schachtvergaser angeordnet. Diese Anordnung und Verfahrensführung hat den Vorteil, dass in der Oxidationszone aus dem Pyrolysegas Temperatur erzeugt wird und diese Temperatur in effizienter Weise in die Pyrolysezone zur Betreibung der dortigen Pyrolyse durch Wärmeleitung übertragen werden kann. Der Schachtvergaser dieser Bauweise ist daher in der Lage, ohne eine von außen durchgeführte Temperaturzufuhr eine effiziente Vergasung und Erzeugung von Brenngas zu erzielen.

Der Vergasung von biologischen Feststoffen kommt im Zuge der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen eine wachsende Bedeutung zu. Diese zunehmende Bedeutung hat einen Bedarf an Schachtvergasern zur Folge, die in einer effizienten Weise große Mengen an Feststoff in kurzer Zeit vergasen können. Grundsätzlich lassen sich vorbekannte Prinzipien, so auch das aus EP 1 865 046 A, vorbekannte Prinzip der Vergasung und die hiermit zusammenhängende Konstruktion des Schachtvergasers skalieren, um hierdurch die Durchsatzmenge und die Menge an erzeugtem Gas pro Zeiteinheit zu erhöhen. Allerdings sind dieser Skalierung Grenzen gesetzt, da ab einer bestimmten Größe eine effiziente Vergasung des Feststoffs nicht mehr gewährleistet ist oder die zur Vergasung benötigten Teilprozesse, so beispielsweise die Pyrolyse und die Oxidation, nicht mehr über den gesamten Volumenbereich des Feststoffs und der Gasmengen auf einen idealen Wert oder auf einen idealen Wertebereich eingeregelt werden können. Eine beliebige Skalierung nach oben hat somit zur Folge, dass mangels Einregelung der idealen Betriebswerte die Effizienz des Schachtvergasers und des darin ablaufenden Vergasungsprozesses abnimmt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schachtvergaser und ein Vergasungsverfahren bereitzustellen mit dem ein erhöhter Durchsatz an Feststoff ohne Effizienzver-

lust oder zumindest unter geringerem Effizienzverlust im Vergasungsprozess erfolgen kann als dies bei vorbekannten Schachtvergaser und Vergasungsverfahren möglich ist.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Schachtvergaser der eingangs genannten Art gelöst, bei dem die Oxidationszone zwischen der Pyrolysezone und der Schachtwand angeordnet ist.

10 Mit dem erfindungsgemäßen Schachtvergaser wird die vorbekannte Anordnung mit einer zentral im Schachtvergaser angeordneten Oxidationskammer und einer darum herum innerhalb des Schachtvergaser angeordneten ringförmigen Pyrolysezone umgekehrt und stattdessen die Pyrolysezone zentral im Schachtvergaser angeordnet und die Oxidationszone um diese Pyrolysezone herum angeordnet. Diese inverse Anordnung scheint auf den ersten Blick aus Effizienzgründen unvorteilhaft, da die gewünschte Wärmenutzung aus der Oxidationszone in die Pyrolysezone hinein nur bei einer zentral angeordneten, von der Pyrolysezone allseits umschlossenen Oxidationszone gewährleistet ist, wohingegen bei einer ringförmig um die Pyrolysezone angeordneten Oxidationszone diese eine große, wärmeabstrahlende Außenfläche aufweist, die nicht zur Erwärmung der Pyrolysezone genutzt wird. Die Erfinder haben jedoch erkannt, dass durch die Anordnung der Oxidationszone zwischen Pyrolysezone und Schachtwand eine Konstruktion des Schachtvergaser ermöglicht wird, bei der die Durchsatzmenge des Feststoffs nicht alleinig durch Vergrößerung der Pyrolysezone erhöht werden kann, sondern durch Bereitstellung mehrerer Pyrolysezonen in dem Schachtvergaser. Die erfindungsgemäße Anordnung ermöglicht somit eine Skalierung durch Erhöhung der Anzahl an Pyrolysezonen und nicht durch alleinige Erhöhung der Größe der Pyrolysezone. Dies erlaubt es trotz erheblicher Steigerung der Durchsatzmenge an Feststoff eine effiziente Regelung des Schachtvergaser im idealen Betriebspunkt beizubehalten und folglich mit einer effizienten Prozessführung die erhöhte Menge an Feststoff zu vergasen. So können beispielsweise zwei oder mehr Pyrolysezonen in Form von längs im Schachtvergaser angeordneten und voneinander beabstandeten Rohren angeordnet sein, in welche von oben Feststoff eingefüllt wird, und aus dem Pyrolysegas gewonnen wird, welches dann durch radiale Öffnungen in den Rohren in die Oxidationszone eintritt, die durch den übrigen Schachtvergaserquerschnitt zwischen den Rohren und zwischen Rohren und Schachtvergaserwandung gebildet wird.

35 Grundsätzlich ist zu verstehen, dass der erfindungsgemäße Schachtvergaser jeweils mit einzelnen Öffnungen zur Feststoffzufuhr- und abfuhr zur Gaszufuhr- und abfuhr ausge-

führt sein kann, es aber grundsätzlich vorteilhaft ist, mehrere solcher Öffnungen vorzusehen, um eine ideale Stoffführung innerhalb des Schachtvergasers sicherzustellen. Weiterhin ist grundsätzlich zu verstehen, dass die Prozesszonen, also Pyrolysezone, Oxidationszone und dergleichen, innerhalb des Schachtvergasers durch Wände voneinander
5 getrennt sein können, ggf. aber auch in einen gemeinsamen, nicht durch Wände getrennten Raum, ausgebildet sein können, indem beispielsweise durch die Feststoffführung und Schwerkraft bzw. Schüttung bedingte Grenzen zwischen einem Gasraum und einem Feststoffraum ausgebildet sind und sich hierdurch funktionell unterschiedliche Zonen ausbilden.

10

Der Schachtvergaser weist dabei den grundsätzlichen Vorteil auf, dass die Führung und Förderung des Feststoffs innerhalb des Schachtvergasers ohne aktiv betriebene Fördermittel bewerkstelligt werden kann, indem der Feststoff schwerkraftbedingt im Schachtvergaser von oben nach unten durchrutscht und hierbei einer Vergasung unterzogen
15 wird. Der Schachtvergaser kann weiterhin dabei mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft betrieben werden, indem entsprechende Öffnungen zur Frischluftzufuhr in die Oxidationszone vorgesehen sind. Die Frischluftzufuhr kann hierbei forciert werden durch ein aktives Abziehen des Brenngases aus dem Schachtvergaser und einen hieraus erzeugten Unterdruck im Schachtvergaserinnenraum.

20

Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform wird der erfindungsgemäße Schachtvergaser weitergebildet durch eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Reduktionszone mit einer Feststoff-Zufuhröffnung, welche in Verbindung mit der Feststoff-Abfuhröffnung der Pyrolysezone steht zur Zufuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen
25 Feststoff in die Reduktionszone, einer Feststoff-Abfuhröffnung für die Abfuhr von vergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff aus dem Schachtvergaser, einer Gas-Zufuhröffnung, welche in Verbindung mit der Gas-Abfuhröffnung der Oxidationszone steht zur Zufuhr von teiloxydiertem Pyrolysegas aus der Oxidationszone in die Reduktionszone, und einer Gas-Abfuhröffnung zum Abzug von Brenngas aus dem Schachtvergaser.

30

Mit dieser Ausbildung wird der Schachtvergaser hinsichtlich der Effizienz und der Qualität des Brenngases weiter verbessert. Hierzu wird eine Reduktionszone bereitgestellt, in welche der teilvergaste Feststoff zugeführt wird, wobei die Reduktionszone vorzugsweise so gelagert ist, dass der Feststoff aus der Pyrolysezone unter alleiniger Schwerkrafteinwirkung in die Reduktionszone gelangt und hierbei nicht die Oxidationszone durchquert.
35 Der teilvergaste Feststoff kann dann in der Reduktionszone auf einem Rost gelagert

werden, um dort einen Strömungswiderstand aufzubauen. Die Reduktionszone ist weiterhin solcherart angeordnet, dass sie in direkter Strömungsverbindung mit der Oxidationszone steht, so dass Brenngas, welches in der Oxidationszone teilweise oxidiert wird, auf direktem Weg und unter Umgehung der Pyrolysezone in die Reduktionszone gelangen kann. Dieses teiloxydierte Pyrolysegas wird dann in der Reduktionszone in chemischer Reaktion mit dem dort befindlichen teilvergastem Feststoff bzw. Reduktionskoks reduziert. Hierdurch wird das teiloxydierte Pyrolysegas einerseits hinsichtlich seines Brennwertes verbessert andererseits gereinigt und kann dann als qualitativ hochwertiges und von Verunreinigungen weitestgehend befreites Brenngas aus der Reduktionszone abgezogen werden.

Die Reduktionszone spielt bei der Steuerung des Vergasungsprozesses im Schachtvergaser eine mit entscheidende Rolle, unter anderem haben hier Einfluss die den Strömungsweg des teiloxydierten Pyrolysegases durch den Feststoffanteil in der Reduktionszone bestimmende Höhe des Feststoffkuchens in der Reduktionszone als auch der hierfür zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt. Vorteilhaft ist es hierzu, wenn die Höhe des Feststoffes in der Reduktionszone während des laufenden Prozesses gesteuert werden kann, beispielsweise indem einerseits, wie nachfolgend anhand einer konstruktiven Ausführungsform näher ausgeführt, die Eintragshöhe verändert wird, andererseits indem beispielsweise durch Betätigung eines Schüttelrostes am unteren Ende der Reduktionszone die Austragsmenge von vollständig vergastem Feststoff gesteuert werden kann, indem der Schüttelrost betätigt wird und indem diese Betätigung intervallgesteuert und in ihrer Intensität verändert werden kann.

Dabei ist bei einem Schachtvergaser mit einer Reduktionszone bevorzugt weiter vorgesehen, dass die Reduktionszone in Schwerkraftrichtung unterhalb der Pyrolysezone angeordnet ist zur schwerkraftbedingten Zufuhr von Feststoff aus der Pyrolysezone in die Reduktionszone.

Mit dieser Ausführungsform wird ein robuster und zugleich wirtschaftlicher Betrieb des erfindungsgemäßen Schachtvergasers ermöglicht. Unter einer schwerkraftbedingten oder alleinig durch Schwerkraft stattfindenden Materialzufuhr oder einem entsprechenden Materialtransport ist hierbei im Sinne dieser Beschreibung und der Ansprüche allgemein zu verstehen, dass das Material schwerkraftbedingt bzw. alleinig schwerkraftbedingt von einer Zone in die andere Zone rutscht und sich innerhalb der jeweiligen Zonen auch entsprechend schwerkraftbedingt bewegt. Dieses Förderprinzip vermeidet die Notwen-

digkeit von Fördervorrichtungen. Es schließt aber nicht aus, dass Wandungsteile oder Einbauten in oder zwischen diesen jeweiligen Zonen bewegt werden, beispielsweise rotiert oder gerüttelt werden, um hierdurch Anhaftungen an diesen Wandungen zu verhindern und folglich den schwerkraftbedingten Materialfluss aufrecht zu erhalten bzw. zu unterstützen. Ebenfalls von dieser Art von Materialfluss nicht ausgeschlossen sind Einbauten, die der Homogenisierung oder Durchmischung des Fördergutes dienen, um hierdurch Klemmwirkungen, Verstopfungen oder Verkeilungen des Fördergutes aufzulösen, die der schwerkraftbedingten Förderung entgegenstehen würden.

10 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass zwei oder mehr Pyrolysezonen beabstandet voneinander innerhalb des Schachtvergaserinnenraums angeordnet sind und eine oder mehrere Oxidationszonen zwischen den zwei oder mehreren Pyrolysezonen und zwischen den Pyrolysezonen und der Schachtwandung angeordnet sind.

15 Mit dieser Ausführungsform wird eine besonders vorteilhafte Gestaltung des Schachtvergasers vorgeschlagen, die zuvor bereits als eine der vorteilhaften Möglichkeiten erläutert wurde. Hierbei sind mehrere Pyrolysezonen beabstandet voneinander im Schachtvergaserinnenraum angeordnet und werden separat aus einzelnen oder einer gemeinsamen
20 Zufördereinrichtung mit Feststoff beliefert. Rund um diese Pyrolysezonen ist eine Oxidationszone ausgebildet, die sich zwischen den jeweiligen Pyrolysezonen und zwischen den Pyrolysezonen und der Schachtvergaserwandung erstrecken. Diese Oxidationszone kann auch in mehrere Oxidationszonen unterteilt sein, wobei diese Unterteilung tatsächlich konstruktiv durch entsprechende Trennwände ausgeführt sein kann oder diese
25 Unterteilung in regelungstechnischer Systematik ohne tatsächliche konstruktive Trennelemente ausgeführt sein kann, beispielsweise indem in der Oxidationszone mehrere Temperatursensoren verteilt angeordnet sind, welche die Temperatur in unterschiedlichen Oxidationsteilzonen erfassen und deren Signal dann jeweils zur Steuerung von Temperatur beeinflussenden Parametern in einer oder mehreren bestimmten Pyrolyse-
30 zonen und/oder einer oder mehreren Oxidationszonen herangezogen werden, nicht jedoch zur Steuerung von Parametern, die in allen Oxidationsteilzonen bzw. Pyrolysezonen eingestellt werden.

Der erfindungsgemäße Schachtvergaser kann weiter fortgebildet werden durch eine
35 Pyrolysegasführung, welche ausgebildet ist, um das in der Pyrolysezone erzeugte Pyro-

lysegas aus der Pyrolysezone herauszuführen, beabstandet zur Pyrolysezone nach oben zu führen und in den in Schwerkraftrichtung oberen Teil der Oxidationszone mündet.

Mit dieser Fortbildung wird das Pyrolysegas solcherart geführt, dass es aufgrund seiner Beabstandung zur Pyrolysezone den thermischen Kontakt zwischen Oxidationszone und

5 Pyrolysezone nicht beeinträchtigt und folglich ein Schachtvergaser bereitgestellt, der eine hochwirksame Wärmeübertragung aus der Oxidationszone in die Pyrolysezone aufweist. Die Pyrolysegasführung kann durch ein oder mehrere Rohre oder Kanäle oder dergleichen realisiert sein, welche in der entsprechenden Weise verlaufen. Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass das Pyrolysegas an einem in Schwerkraftrichtung unten in
10 Bezug auf die Pyrolysezone liegenden Bereich aus der Pyrolysezone abgezogen wird und dann innerhalb des Schachtvergasers wieder entgegen der Schwerkraftrichtung nach oben geführt werden muss, um die Oxidationszone wiederum in Schwerkraftrichtung von oben nach unten zu durchlaufen. Grundsätzlich kann die Pyrolysegasführung auch allerdings alternativ hierzu solcherart ausgeführt werden, dass die Oxidationszone
15 entgegen der Schwerkraftrichtung durchströmt wird und das heiße, aus der Oxidationszone austretende Gas dann von oben nach unten geführt und in eine Reduktionszone, sofern vorhanden eingeleitet wird. In diesem Fall kann das Pyrolysegas aus der Pyrolysezone ohne längere Führung abgezogen und in die Oxidationszone auf gleicher Höhe eingeleitet werden.

20

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Feststoff-Abfuhröffnung der Pyrolysezone vertikal beweglich in dem Schachtvergaser geführt und in zumindest zwei Positionen innerhalb des Schachtvergasers positioniert werden kann, die eine unterschiedliche Höhe aufweisen.

25

Durch diese konstruktive Ausgestaltung wird es möglich, dass die Höhe, in der der teilvergaste Feststoff aus der Pyrolysezone austritt und in eine möglicherweise vorgesehene darunterliegende Reduktionszone eintritt, variabel gestaltet werden kann. Hierdurch kann die Höhe der Feststoffmenge in der Reduktionszone gesteuert werden und diese Höhe
30 hat aufgrund des damit verbundenen Gasweges durch die Reduktionszone und den damit verbundenen Strömungswiderstand einen Einfluss auf die gesamte Prozessführung in dem erfindungsgemäßen Schachtvergaser. Die vertikale Beweglichkeit der Feststoff-Abfuhröffnung kann dabei beispielsweise solcherart realisiert sein, dass diese Feststoff-Abfuhröffnung an einem unteren Ende eines Rohres oder Schachtes ausgebildet
35 ist und dieses Rohr bzw. dieser Schacht vertikal verschieblich im Schachtvergaser angeordnet sind.

Noch weiter ist es bevorzugt, dass die Feststoff-Zufuhröffnung der Pyrolysezone vertikal beweglich in dem Schachtvergaser geführt und in zumindest zwei Positionen innerhalb des Schachtvergasers positioniert werden kann, die eine unterschiedliche Höhe aufweisen.
5

Mit dieser Fortbildungsform wird es ermöglicht, dass der Feststoff auf unterschiedlichen Höhen in die Pyrolysezone eingeführt wird, wodurch die Feststoffmenge und die Höhe des Feststoffvolumens in der Pyrolysezone gesteuert werden kann. Hierdurch kann
10 wiederum ein für die Prozessführung innerhalb des Schachtvergasers wesentlicher Parameter beeinflusst werden, um die Teilvergasung in der Pyrolysezone und damit die gesamte Effizienz des Schachtvergaser optimal zu steuern.

Eine konstruktive Umsetzung dieses Prinzips sieht beispielsweise vor, dass der Feststoff der Pyrolysezone über ein Rohr oder einen Kanal zugeführt wird, der den Feststoff an
15 seinem unteren Ende in die Pyrolysezone zuführt und dieses Rohr bzw. dieser Kanal vertikal beweglich im Schachtvergaser angeordnet ist.

Dabei ist es in Kombination der beiden zuvor erläuterten bevorzugten Ausführungsformen weiter besonders bevorzugt, wenn die Feststoff-Zufuhröffnung der Pyrolysezone
20 eine axiale Öffnung eines Feststoffzufuhrrohres umfasst, das innerhalb eines Pyrolyserohres angeordnet ist, und die Feststoff-Abfuhröffnung der Pyrolysezone eine axiale Öffnung des Pyrolyserohres umfasst. Bei dieser Ausgestaltung wird eine Rohr- bzw. Kanalausgestaltung für die Feststoffzufuhr und die Pyrolysezone gewählt, bei der ein
25 Feststoffzufuhrrohr mit einer unteren axialen Öffnung innerhalb eines Pyrolyserohres geführt ist und dieses Pyrolyserohr wiederum eine untere axiale Öffnung aufweist, die in Schwerkraftrichtung unterhalb der Öffnung des Feststoffzufuhrrohrs liegt. Hierdurch wird zwischen dem unteren Ende des Feststoffzufuhrrohrs und dem unteren Ende des Pyrolyserohres die Pyrolysezone im Pyrolyserohr ausgebildet. Durch vertikale Verschiebung des Feststoffzufuhrrohrs kann diese Pyrolysezone in ihrer Höhe verändert werden,
30 so kann durch Anheben des Feststoffzufuhrrohrs die Höhe der Pyrolysezone erhöht werden. Durch vertikale Verschiebung von Pyrolyserohr und Feststoffzufuhrrohr gemeinsam kann bei Erhalt der Höhe der Pyrolysezone die Austrittshöhe des teilvergasen Feststoffes aus der Pyrolysezone verändert werden und hierdurch die Höhe eines Feststoffvolumens in einer unter der Pyrolysezone angeordneten Reduktionszone verändert
35 werden. Weiterhin kann bei feststehendem Feststoffzufuhrrohr die Höhe von Pyrolysezo-

ne und Reduktionszone im umgekehrten Verhältnis zueinander verändert werden, wodurch eine Verlagerung des Vergasungsprozesses aus der Pyrolysezone in die Reduktionszone und umgekehrt in einem entsprechenden Verhältnis realisiert werden kann, um dadurch auf ein individuelles Vergasungsverhalten von unterschiedlichen Feststoffen zu reagieren.

Der erfindungsgemäße Schachtvergaser oder der Schachtvergaser der eingangs genannten Art kann zur Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Problematik weiter fortgebildet werden durch einen Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur in der Oxidationszone, eine Luftmengenzufuhrvorrichtung zur Erhöhung und/oder Absenkung der Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas zur Oxidationszone, und eine mit dem Temperatursensor und der eine Luftmengenzufuhrvorrichtung signaltechnisch gekoppelte Regelungsvorrichtung, die ausgebildet ist, um eine unterstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone einzuregeln, indem die Luftmengenzufuhrvorrichtung in Abhängigkeit des Signals des Temperatursensors anhand einer in einer elektronischen Speichervorrichtung der Regelungsvorrichtung abgespeicherten Zuordnung angesteuert wird.

Mittels einer solchen Regelungsvorrichtung mit Temperatursensor und steuerbarer Luftmengenzufuhrvorrichtung kann der erfindungsgemäße Schachtvergaser auch bei großen Abmessungen von Pyrolysezone, Oxidationszone und ggf. Reduktionszone in einem idealen Betriebspunkt betrieben werden und hierdurch die Effizienz auch bei hochskalierten Schachtvergaserdimensionen aufrecht erhalten werden. Durch eine Steuerung der Luftmengenzufuhr wird unmittelbarer Einfluss auf die Verbrennung des Pyrolysegases in der Oxidationszone genommen. Dabei kann, sofern eine unterstöchiometrische Verbrennung hier erfolgt, die Temperatur durch Erhöhung der Luftzufuhr erhöht und durch Absenkung der Luftzufuhr verringert werden, da hier in entsprechender Weise durch mehr oder weniger Sauerstoff eine intensivere oder weiter gedrosselte Verbrennung stattfindet. Die Luftmengenzufuhrvorrichtung kann hierbei durch ein oder mehrere Stellventile zur Freigabe oder Drosselung der Luftzufuhrkanäle in die Oxidationszone umgesetzt werden, im einfachsten Falle durch entsprechende Schieber- oder Klappenventile, die eine robuste Ausführung und zuverlässige Funktion ermöglichen. Grundsätzlich ist zu verstehen, dass durch Bereitstellung von mehr als einem Temperatursensor auch eine präzisere Überwachung der Prozessführung in dem Schachtvergaser ermöglicht wird. Dabei kann der Temperatursensor primär in der Oxidationszone selbst angeordnet sein, um die dortige Temperatur zu erfassen. In anderen Ausführungsformen kann alternativ oder auch kumulativ hierzu ein oder mehrere Temperatursensoren in anderen Bereichen des

Schachtvergasers vorgesehen sein, beispielsweise in der Pyrolysezone oder in einer Reduktionszone, um die dortige Temperatur zu messen und hierauf auf die Temperatur in der Oxidationszone rückzuschließen. Auch eine solche Ausführungsform ist im Sinne der Erfindung als ein Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur in der Oxidationszone zu verstehen.

Dabei ist es weiter bevorzugt, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um die Luftmengen-zufuhrvorrichtung anhand der abgespeicherten Zuordnung solcherart anzusteuern, dass die Luftzufuhr erhöht wird, wenn das Signal eine unterhalb einer vorbestimmten Sollwerttemperatur liegende Temperatur ergibt, und die Luftzufuhr abgesenkt wird, wenn das Signal eine oberhalb einer vorbestimmten Sollwerttemperatur liegende Temperatur ergibt.

Mit diesem Regelverhalten der Regelungsvorrichtung kann die Verbrennung in der Oxidationszone anhand der Temperatur auf ein vorbestimmtes Verbrennungsverhältnis eingeregelt werden, welches unterstöchiometrisch abläuft. Die Regelungsvorrichtung und darin abgespeicherte Zuordnung bedient sich dabei des Prinzips, dass bei einer unterstöchiometrischen Verbrennung eine Temperaturerhöhung erzielt werden kann, wenn mehr Luft zugeführt wird, da sich die Verbrennung in diesem Fall dem stöchiometrischen Idealverhältnis annähert und umgekehrt die Temperatur reduziert werden kann, wenn die Luftzufuhr gedrosselt und demzufolge die Verbrennung aufgrund eines Überschusses an Brenngas vermindert abläuft.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform mit der erfindungsgemäßen Regelungsvorrichtung ist vorgesehen, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um die Sollwerttemperatur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag zu verändern und anhand des Regelverhaltens zur Erreichung der veränderten Sollwerttemperatur festzustellen, ob eine unter- oder überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone stattfindet, und die Luftzufuhr dann in Abhängigkeit dieser Feststellung neu solcherart festzusetzen, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird, insbesondere indem: die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag zurück auf die vor der Veränderung bestehende Sollwerttemperatur zu setzen, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde, oder die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde.

Mit dieser Ausgestaltung wird eine spezifische Problematik gelöst, die darin besteht, dass eine bestimmte Temperatur sowohl bei einer unterstöchiometrischen Verbrennung als auch bei einer überstöchiometrischen Verbrennung in der Oxidationszone auftreten kann. In beiden Fällen liegt die Temperatur unterhalb der Verbrennungstemperatur, die bei einer stöchiometrischen Verbrennung erzielt wird. Die Temperatur liegt jedoch in einem Fall links und im anderen Fall rechts vom Maximum einer Kurve, bei der die Temperatur über das Verbrennungsverhältnis aufgetragen ist und das Maximum im stöchiometrischen Verbrennungszustand liegt. Durch die erfindungsgemäße Veränderung der Sollwerttemperatur wird die Regelungsvorrichtung zu einem bestimmten, periodischen Regelvorgang gezwungen. Durch die Veränderung der Sollwerttemperatur erfolgt dabei ein Regelvorgang, der sich beispielsweise an einem Regelverhalten orientiert, welches im unterstöchiometrischen Verbrennungsbereich zu erwarten wäre. So würde beispielsweise bei einer Absenkung der Sollwerttemperatur eine zu hohe Temperatur festgestellt und demzufolge die Luftzufuhr reduziert, um die Solltemperatur einzustellen. Die Regelungsvorrichtung kann dann anhand der Temperaturreaktion in Folge des Regelungsvorgangs feststellen, ob eine unter- oder überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone stattfindet. Sinkt die Temperatur in Reaktion auf eine Drosselung der Luftzufuhr, so liegt ein unterstöchiometrisches Verbrennungsverhältnis vor. Steigt hingegen die Temperatur in Reaktion auf eine Drosselung der Luftzufuhr, so liegt eine überstöchiometrische Verbrennung vor und der Verbrennungszustand nähert sich der stöchiometrischen Verbrennung an.

In Reaktion auf die Feststellung, kann diese Regelungsvorrichtung dann einen Korrekturregelvorgang einleiten, der dazu führt, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung beibehalten bzw. eingestellt wird. Im ersten Fall ist hierzu ausschließlich die Rückstellung der Temperatur auf den ursprünglichen, vor der Veränderung herrschenden Sollwert notwendig, um wiederum den angestrebten idealen unterstöchiometrischen Verbrennungszustand zu erzielen. Im zweiten Fall ist eine „nach links“-Regelung mit fortwährender Absenkung der Luftzufuhr notwendig, bis das Temperaturmaximum durchlaufen und die Sollwerttemperatur erreicht wird. Erst, nachdem die Sollwerttemperatur erreicht wurde, kann ein normales Regelverhalten mit Erhöhung und Drosselung der Luftzufuhr wieder eingestellt werden und hiernach die Sollwerttemperatur wieder auf den ursprünglichen, vor der Veränderung herrschenden Wert, zurück gesetzt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform dieser vorgenannten Regelungsvorrichtung ist vorgesehen, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um die Sollwerttemperatur

peratur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag zu verringern und eine unterstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone festzustellen, wenn bei Erhöhung der Luftzufuhr die Ist-Temperatur ansteigt, oder eine überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone festzustellen, wenn bei Erhöhung der Luftzufuhr die Ist-Temperatur absinkt und die Regelungsvorrichtung weiter ausgebildet ist um die Luftzufuhr dann in Abhängigkeit dieser Feststellung neu solcherart festzusetzen, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird, indem: die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag erhöht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde, oder die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde.

Mit dieser Fortbildungsform wird eine spezifische, unterstöchiometrische Verbrennung eingestellt und in regelmäßigen Abständen durch Absenken der Sollwerttemperatur auf den gewünschten Idealwert überprüft, ob die unterstöchiometrische Verbrennung beibehalten wird und ggf. hierzu in der zuvorstehenden Weise nachkorrigiert.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von Brenngas aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, mit den Schritten: Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Feststoff in eine in einem Schachtvergaserinnenraum angeordnete Pyrolysezone, Zufuhr von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone in eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Oxidationszone, bei dem das Pyrolysegas aus der Pyrolysezone nach radial auswärts in die Oxidationszone zugeführt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine vorteilhafte Gasführung innerhalb des Schachtvergasers aus, die eine leichte Skalierbarkeit des Verfahrens auf große Durchsatzvolumina ermöglicht. Es kann bevorzugt mit einem Schachtvergaser der zuvor beschriebenen Weise ausgeführt werden.

Das Verfahren kann fortgebildet werden durch die Schritte: Zufuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff aus der Pyrolysezone in eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Reduktionszone, insbesondere unter Umgehung der Oxidationszone, Zufuhr von Pyrolysegas aus der Oxidationszone in die Reduktionszone, und Abzug von Brenngas aus der Reduktionszone.

Mit dieser bevorzugten Ausführungsform wird eine qualitative Verbesserung des Brenngases bei gleichzeitiger Erhöhung des Brennwertes durch Reduktion in teilvergasten Feststoff erzielt, aus dem das Pyrolysegas in der Oxidationszone teiloxydiert worden ist.

- 5 Gemäß einer weiteren Fortbildung des Verfahrens sind die Schritte vorgesehen: Erfassen der Temperatur in der Oxidationszone mittels eines Temperatursensors, Erhöhen und/oder Absenken der Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas zur Oxidationszone mittels einer Luftmengen-zufuhrvorrichtung, und Einregeln einer unterstöchiometrischen Verbrennung in der Oxidationszone mittels einer mit dem Temperatursensor und der Luftmengen-zufuhrvorrichtung signaltechnisch gekoppelten Regelungsvorrichtung, indem die
- 10 Luftmengen-zufuhr in Abhängigkeit des Signals des Temperatursensors anhand einer in einer elektronischen Speichervorrichtung der Regelungsvorrichtung abgespeicherten Zuordnung gesteuert wird.
- 15 Mit dieser Fortbildung wird eine besonders effiziente Regelung vorgeschlagen, welche in der Lage ist, auch bei großen Durchsatzvolumina einen idealen Betriebspunkt innerhalb eines Schachtvergasers einzustellen und beizubehalten.

- 20 Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn erfindungsgemäß weiterhin die Schritte ausgeführt werden: Verändern der Sollwerttemperatur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag, Feststellen anhand des Regelverhaltens zur Erreichung der veränderten Sollwerttemperatur, ob eine unter- oder überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone stattfindet, und Festsetzen der Luftzufuhr in Abhängigkeit dieser Feststellung solcherart, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird,
- 25 insbesondere indem: die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag zurück auf die vor der Veränderung bestehende Sollwerttemperatur gesetzt wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde, oder die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt
- 30 wurde.

- Mit dieser Fortbildung wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches berücksichtigt, dass eine Temperatur sowohl bei unter- als auch bei überstöchiometrischer Verbrennung in der Oxidationszone auftreten können und demzufolge ein Regelungsmechanismus
- 35 vorgeschlagen, der in regelmäßigen Zeitabständen durch Verändern der Sollwerttemperatur, insbesondere Absenken der Sollwerttemperatur überprüft, ob ein unterstöchiomet-

risches Verbrennungsverhältnis vorliegt und ggf. eine Korrektur hierzu in der zuvor beschriebenen Weise durchführt.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der beiliegenden Figuren
5 erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische, längsgeschnittene Seitenansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schachtvergasers,

Figur 2 einen Querschnitt entlang A-A in Fig. 1, und

10 Figur 3 einen Querschnitt gemäß Fig. 2 durch eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schachtvergasers.

Der Schachtvergasers gemäß Fig. 1 und 2 wird durch eine thermisch isolierte Schachtwandung 11, 12 seitlich und oberhalb umschlossen und ist im Querschnitt kreisförmig ausgebildet. Durch die obere stirnseitige Schachtwandung 11 erstreckt sich eine Doppelrohranordnung 20. Diese Doppelrohranordnung 20 umfasst ein innenliegendes Feststoffzufuhrrohr 21, welches an seinem oberen Ende mit einer quer zur Längsachse des
15 Schachtvergasers laufenden Schneckenfördereinrichtung 30 verbunden ist. Über die Schneckenfördereinrichtung 30 kann Feststoff von oben in das Feststoffzufuhrrohr 21 zugeführt werden und fällt in dem Feststoffzufuhrrohr nach unten.

20 Das Feststoffzufuhrrohr 21 ist innerhalb eines Pyrolyserohres 22 angeordnet. Das Pyrolyserohr erstreckt sich weiter in den Schachtvergasersinnenraum als das Feststoffzufuhrrohr 21, wodurch die untere, stirnseitige Öffnung 21a des Feststoffzufuhrrohres innerhalb des Pyrolyserohres zu liegen kommt. Feststoff, der aus dieser unteren Öffnung 21 a austritt, füllt die zwischen der Austrittsöffnung 21 a des Feststoffzufuhrrohres 21 und
25 einer am unteren Ende des Pyrolyserohres 22 ausgebildete Pyrolyserohröffnung 22a liegende Pyrolysezone 23 aus.

Im oberen Bereich des Pyrolyserohres, jedoch innerhalb des Schachtvergasers sind
30 radiale Öffnungen 24 im Pyrolyserohr angeordnet. Diese dienen zum Übertritt von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone 23 in eine Oxidationszone 43. Die Oxidationszone 43 ist ringförmig um das Pyrolyserohr angeordnet und wird außen durch die Schachtvergasers-

wandung 12 begrenzt. Die Oxidationszone erstreckt sich über die gesamte Länge des innerhalb des Schachtvergasers liegenden Pyrolyserohres 22.

5 Vier Luftzufuhrleitungen 41 a-d erstrecken sich aus der Umgebung in die Oxidationszone und führen sauerstoffhaltige Luft in die Oxidationszone zu. Jede der vier Frischluftzufuhrleitungen 41 a-d sind an ihrem außenliegenden Ende mit einem steuerbaren Drosselventil 42 a – d versehen, mittels welchem die Luftzufuhrmenge durch das jeweilige Luftzuführrohr reduziert oder erhöht werden kann.

10 Aus der Pyrolyserohröffnung 22a tritt nach unten teilvergaster Feststoff aus und bildet einen Reduktionskokskegel 53. Der Reduktionskokskegel 53 wird seitlich von einem innerhalb des Schachtvergasers angeordneten Blechtrichter 13 begrenzt, weitet sich unterhalb des Blechtrichters 13 wieder auf und mündet schließlich wiederum in einen unteren Austragstrichter 14 in eine Austragsöffnung 14a, die in einer Schneckenförder-
15 vorrichtung 60 mündet. Mittels der Schneckenfördevorrichtung 60 kann Asche aus dem Schachtvergaser ausgetragen werden. Die Menge dieses Ascheaustrags kann durch Regeln der Drehzahl der Schneckenfördevorrichtung eingestellt werden.

Im Bereich zwischen Außenwandung 12 und dem Reduktionszonentrichter 13 ist ein
20 umlaufender Hohlraum 55 angeordnet. Aus diesem Hohlraum 55 kann mittels einer Abzugsöffnung 56 Brenngas aus der Reduktionszone nach außen durch die Vergaser-schachtwandung 12 abgezogen werden.

Das Absaugen des Brenngases durch die Abzugssöffnung 56 ist die einzige Gastrans-
25 portbewegung, die am Schachtvergaser aktiv erfolgt. Durch den hierdurch erzielten Unterdruck in der Reduktionszone 53 wird das teiloxydierte Pyrolysegas aus der Oxidationszone 43 in die Reduktionszone gesaugt und darüberhinaus durch den wiederum damit erzielten Unterdruck in der Oxidationszone 43 das Pyrolysegas aus der Pyrolysezone 23 durch den Ringraum zwischen Feststoffzufuhrrohr und Pyrolyserohr zu den
30 radialen Öffnungen 24 im Pyrolyserohr gesaugt und von dort aus in die Oxidationszone eingezogen. Ebenfalls durch den durch den Abzug des Brenngases erzeugten Unterdruck in der Oxidationszone wird Frischluft durch die Frischluftzufuhrleitungen 41 a-d in die Oxidationszone gesaugt, wobei diese Frischluftzufuhr durch die Drosselvorrichtungen 42 a – d gesteuert werden kann.

Ein Temperatursensor 45 a, b ist beidseits des Pyrolyserohres in der Oxidationszone angeordnet und erfasst die Temperatur in der Oxidationszone. Der Temperatursensor 45a, b ist mit einer Regelungsvorrichtung verbunden, welche die Drosselventile 42 a – d ansteuert. Stellt die Regelungsvorrichtung eine zu niedrige Sollwerttemperatur fest, so wird die Luftzufuhr erhöht und stellt die Regelungsvorrichtung eine zu hohe Temperatur fest, so wird die Luftzufuhr abgesenkt. In regelmäßigen Abständen wird die Sollwerttemperatur abgesenkt und das Regelungsverhalten beobachtet. Wird in Folge der Sollwerttemperaturabsenkung durch eine Regelverhalten mit Reduktion der Luftzufuhr auch eine Absenkung der Ist-Temperatur erreicht, so stellt die Regelungsvorrichtung ein gewünscht unterstöchiometrisches Verbrennungsverhältnis in der Oxidationszone fest und geht daraufhin auf die ursprüngliche Sollwerttemperatur zurück. Stellt die Regelungsvorrichtung hingegen fest, dass die Ist-Temperatur in der Oxidationszone in Folge des Regelungsverhaltens nach Absenken der Sollwerttemperatur ansteigt, so stellt sie ein überstöchiometrisches Verbrennungsverhältnis fest und führt eine Korrekturregelung durch eine Nach-Links-Regelung durch, bei der unter laufender Absenkung der Luftzufuhr das Temperaturmaximum beim stöchiometrischen Verbrennungsverhältnis durchlaufen wird und dann unter weiterer Absenkung der Luftzufuhr im normalen Regelverhalten im unterstöchiometrischen Bereich die Sollwerttemperatur eingeregelt wird. Nach Erreichen der Sollwerttemperatur wird dann auch in diesem Fall die ursprüngliche Temperatur wieder eingestellt. Dieser Kontrollvorgang wird in regelmäßigen Zeitabständen von zwei Stunden wiederholt.

Sowohl das Feststoffzufuhrrohr 21 als auch das Pyrolyserohr 22 sind höhenverstellbar. Durch Anheben des Pyrolyserohres kann die Reduktionszone 53 vergrößert werden unter gleichzeitiger entsprechender Verkleinerung der Pyrolysezone 23. Wird das Feststoffzufuhrrohr bei feststehendem Pyrolyserohr angehoben, so wird lediglich die Pyrolysezone vergrößert. Werden Feststoffzufuhrrohr und Pyrolyserohr zugleich angehoben, so wird die Reduktionszone 53 unter Beibehaltung der Größe der Pyrolysezone 23 vergrößert. In entsprechender Weise kann durch umgekehrtes Einschieben der beiden Rohre 21, 22 die Pyrolysezone und/oder Reduktionszone verkleinert werden.

Figur 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass anstelle einer einzigen Pyrolysezone 23 mehrere Pyrolysezonen 123 a, b, c, d in einem einzigen Schachtvergaser angeordnet sind. Diese mehreren Pyrolysezonen 123 a – d werden durch entsprechend mehrere Pyrolyserohre 122 a – d mit jeweils darin angeordnetem Feststoffzufuhrrohr

121 a-d definiert. Jedes der Feststoffzufuhrrohre 121 a-d ist dabei mit zwei Feststoffzufuhrförderschnecken solcherart verbunden, dass eine Feststoffzufuhrschnecke jeweils zwei Feststoffzufuhrrohre mit Feststoff versorgt.

- 5 Eine Oxidationszone 143 a-e ist zwischen den einzelnen Pyrolysezonen und zwischen den Pyrolysezonen und der Schachtaußenwandung 112 angeordnet.

Weiterhin bildet sich unterhalb der Pyrolysezonen eine Reduktionszone, die durch mehrere ineinanderlaufende Kokskegel gebildet wird. Die Höhe dieser Kokskegel kann durch
10 Anheben oder Absenken der Pyrolyserohre geregelt werden, wobei eine simultane oder separate Anhebung oder Absenkung der einzelnen Pyrolyserohre 121 a-c ausgeführt werden kann.

Der Schachtvergaser gemäß Figur 3 weist gegenüber dem Schachtvergaser gemäß
15 Figur 1 kein unterschiedliches Wirkprinzip auf, kann jedoch aufgrund der Mehrzahl der Pyrolysezonen einen erheblich höheren Durchsatz an Feststoff bei einer effizienten Vergasung und demzufolge eine erheblich höhere Produktion an Brenngas erzielen.

ANSPRÜCHE

1. Schachtvergaser zur Erzeugung von Brenngas aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, umfassend:
- 5 - Eine einen Schachtvergaserinnenraum umschließende Schachtwandung (12),
- Eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Pyrolysezone (23) mit
- o einer Feststoff-Zufuhröffnung (21a) zur Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Feststoff in den Schachtvergaser,
- o einer Feststoff-Abfuhröffnung (22a) für die Abfuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff,
- 10 o einer Gas-Abfuhröffnung (24) für Pyrolysegas
- eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Oxidationszone (43), welche in thermischen Kontakt mit der Pyrolysezone steht, mit
- o einer Gas-Zufuhröffnung (41 a-d) in Verbindung mit der Gas-Abfuhröffnung der Pyrolysezone zur Zufuhr von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone,
- 15 o einer Gas-Abfuhröffnung (44), und
- dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationszone (43) zwischen der Pyrolysezone (23) und der Schachtwand angeordnet ist.
2. Schachtvergaser nach Anspruch 1,
- 20 gekennzeichnet durch eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Reduktionszone (53) mit
- o einer Feststoff-Zufuhröffnung, welche in Verbindung mit der Feststoff-Abfuhröffnung der Pyrolysezone steht zur Zufuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff in die Reduktionszone,
- 25 o einer Feststoff-Abfuhröffnung (14a) für die Abfuhr von vergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff aus dem Schachtvergaser,

- o einer Gas-Zufuhröffnung (44), welche in Verbindung mit der Gas-Abfuhröffnung der Oxidationszone steht zur Zufuhr von teiloxydiertem Pyrolysegas aus der Oxidationszone in die Reduktionszone, und
- o einer Gas-Abfuhröffnung (56) zum Abzug von Brenngas aus dem Schachtvergaser,

5 3. Schachtvergaser nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Reduktionszone (53) in Schwerkraftrichtung unterhalb der Pyrolysezone (23) angeordnet ist zur schwerkraftbedingten Zufuhr von Feststoff aus der Pyrolysezone in die Reduktionszone.

10 4. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr Pyrolysezonen (123 a-d) beabstandet voneinander innerhalb des Schachtvergaserinnenraums angeordnet sind und eine oder mehrere Oxidationszonen (143 a-e) zwischen den zwei oder mehreren Pyrolysezonen und zwischen den Pyrolysezonen und der Schachtwandung angeordnet sind.

15 5. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch eine Pyrolysegasführung, welche ausgebildet ist, um das in der Pyrolysezone erzeugte Pyrolysegas

- aus der Pyrolysezone herauszuführen,
- 20 - beabstandet zur Pyrolysezone nach oben zu führen und
- in den in Schwerkraftrichtung oberen Teil der Oxidationszone mündet.

25 6. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Feststoff-Abfuhröffnung (22a) der Pyrolysezone vertikal beweglich in dem Schachtvergaser geführt und in zumindest zwei Positionen innerhalb des Schachtvergasers positioniert werden kann, die eine unterschiedliche Höhe aufweisen.

7. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Feststoff-Zufuhröffnung (21a) der Pyrolysezone vertikal beweglich in dem Schachtvergaser geführt und in zumindest zwei Positionen innerhalb des Schachtvergaser positioniert werden kann, die eine unterschiedliche Höhe aufweisen.

- 5 8. Schachtvergaser nach Anspruch 6 und 7,

dadurch gekennzeichnet, dass die Feststoff-Zufuhröffnung der Pyrolysezone eine axiale Öffnung (21a) eines Feststoffzufuhrrohres (21) umfasst, das innerhalb eines Pyrolyserohres (22) angeordnet ist, und die Feststoff-Abfuhröffnung der Pyrolysezone eine axiale Öffnung (22a) des Pyrolyserohres (22) umfasst.

- 10 9. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch

- Einen Temperatursensor (45 a,b) zur Erfassung der Temperatur in der Oxidationszone,
- eine Luftmengenzufuhrvorrichtung (41 a-d, 42 a-d) zur Erhöhung und/oder Absenkung der Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas zur Oxidationszone, und
- eine mit dem Temperatursensor und der Luftmengenzufuhrvorrichtung signaltechnisch gekoppelte Regelungsvorrichtung, die ausgebildet ist, um eine unterstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone (43) einzuregeln, indem die Luftmengenzufuhrvorrichtung (42 a-d) in Abhängigkeit des Signals des Temperatursensors anhand einer in einer elektronischen Speichervorrichtung der Regelungsvorrichtung abgespeicherten Zuordnung angesteuert wird.

- 20 10. Schachtvergaser nach dem vorhergehenden Anspruch,

- dadurch gekennzeichnet, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um die Luftmengenzufuhrvorrichtung anhand der abgespeicherten Zuordnung solcherart anzusteuern, dass
 - o die Luftzufuhr erhöht wird, wenn das Signal eine unterhalb einer vorbestimmten Sollwerttemperatur liegende Temperatur ergibt, und

- die Luftzufuhr abgesenkt wird, wenn die das Signal eine oberhalb einer vorbestimmten Sollwerttemperatur liegende Temperatur ergibt.

11. Schachtvergaser nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8-10,

dadurch gekennzeichnet, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um

- 5 - die Sollwerttemperatur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag zu verändern und
- anhand des Regelverhaltens zur Erreichung der veränderten Sollwerttemperatur festzustellen, ob eine unter- oder überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone stattfindet, und
- 10 - die Luftzufuhr dann in Abhängigkeit dieser Feststellung neu solcherart festzusetzen, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird, insbesondere indem:
 - die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag zurück auf die vor der Veränderung bestehende Sollwerttemperatur zu setzen, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische
 - 15 Verbrennung festgestellt wurde, oder
 - die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde.
- 20 12. Schachtvergaser nach Anspruch 11,
 - dadurch gekennzeichnet, dass die Regelungsvorrichtung ausgebildet ist, um die Sollwerttemperatur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag zu verringern und
 - eine unterstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone fest-
 - 25 zustellen, wenn bei Erhöhung der Luftzufuhr die Ist-Temperatur ansteigt, oder

- o eine überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone festzustellen, wenn bei Erhöhung der Luftzufuhr die Ist-Temperatur absinkt
 - und die Regelungsvorrichtung weiter ausgebildet ist, um die Luftzufuhr dann in Abhängigkeit dieser Feststellung neu solcherart festzusetzen, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird, indem:
 - o die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag erhöht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde, oder
 - o die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde.
- 13. Verfahren zur Erzeugung von Brenngas aus kohlenstoffhaltigem Feststoff, mit den Schritten:
 - Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Feststoff in eine in einem Schachtvergaserinnenraum angeordnete Pyrolysezone,
 - Zufuhr von Pyrolysegas aus der Pyrolysezone in eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Oxidationszone,dadurch gekennzeichnet, dass das Pyrolysegas aus der Pyrolysezone nach radial auswärts in die Oxidationszone zugeführt wird.
- 14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch die Schritte
 - Zufuhr von teilvergastem kohlenstoffhaltigen Feststoff aus der Pyrolysezone in eine im Schachtvergaserinnenraum angeordnete Reduktionszone, insbesondere unter Umgehung der Oxidationszone,
 - Zufuhr von teiloxydiertem Pyrolysegas aus der Oxidationszone in die Reduktionszone, und
 - Abzug von Brenngas aus der Reduktionszone.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13-14,

gekennzeichnet durch die Schritte:

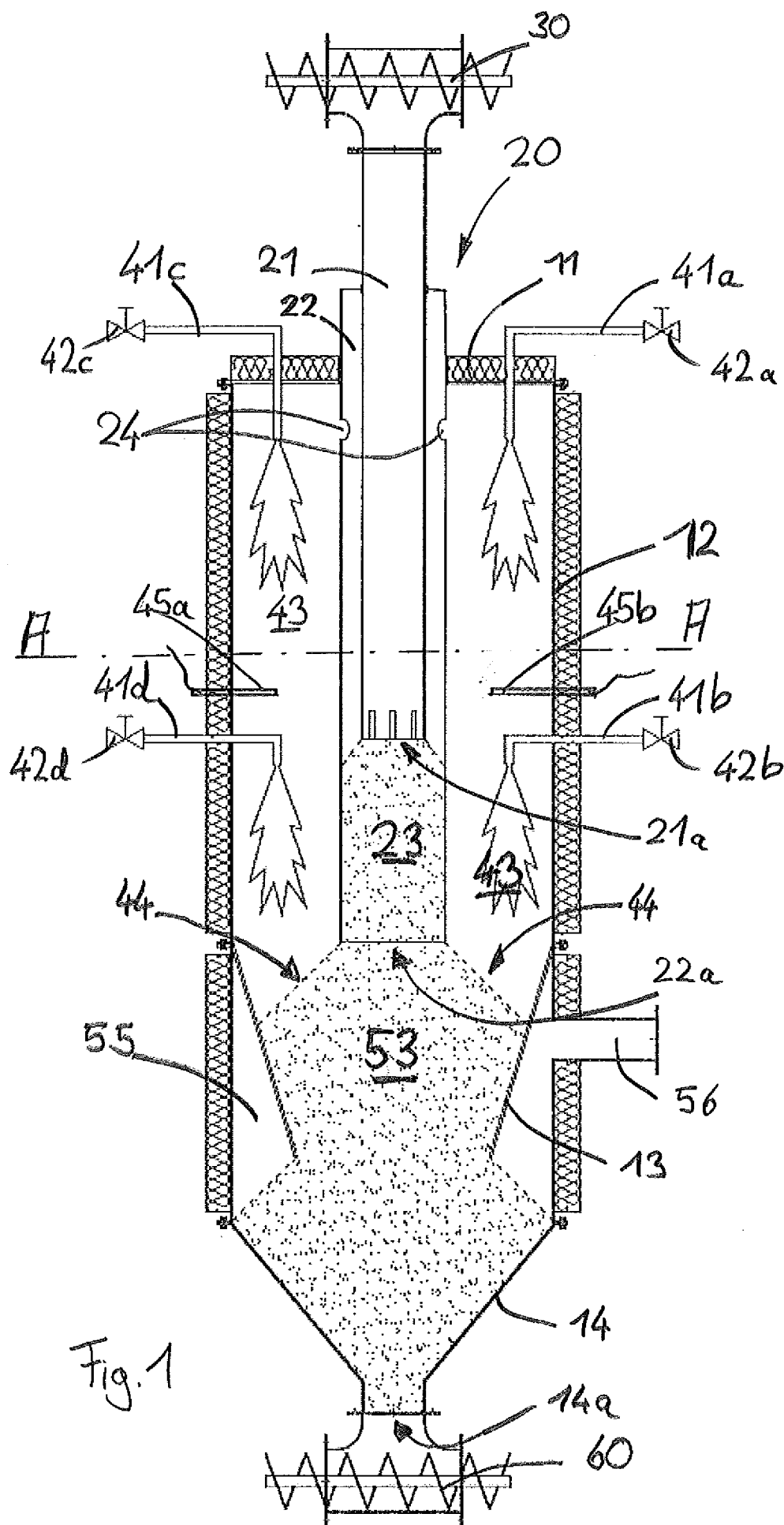
- Erfassen der Temperatur in der Oxidationszone mittels eines oder mehrerer Temperatursensors/en,
- 5 - Erhöhen und/oder Absenken der Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas zur Oxidationszone mittels einer Luftmengenzufuhrvorrichtung, und
- Einregeln einer unterstöchiometrischen Verbrennung in der Oxidationszone mittels einer mit dem Temperatursensor und der Luftmengenzufuhrvorrichtung signaltechnisch gekoppelten Regelungsvorrichtung, indem
- 10 o die Luftmengenzufuhr in Abhängigkeit des Signals des Temperatursensors anhand einer in einer elektronischen Speichervorrichtung der Regelungsvorrichtung abgespeicherten Zuordnung gesteuert wird.

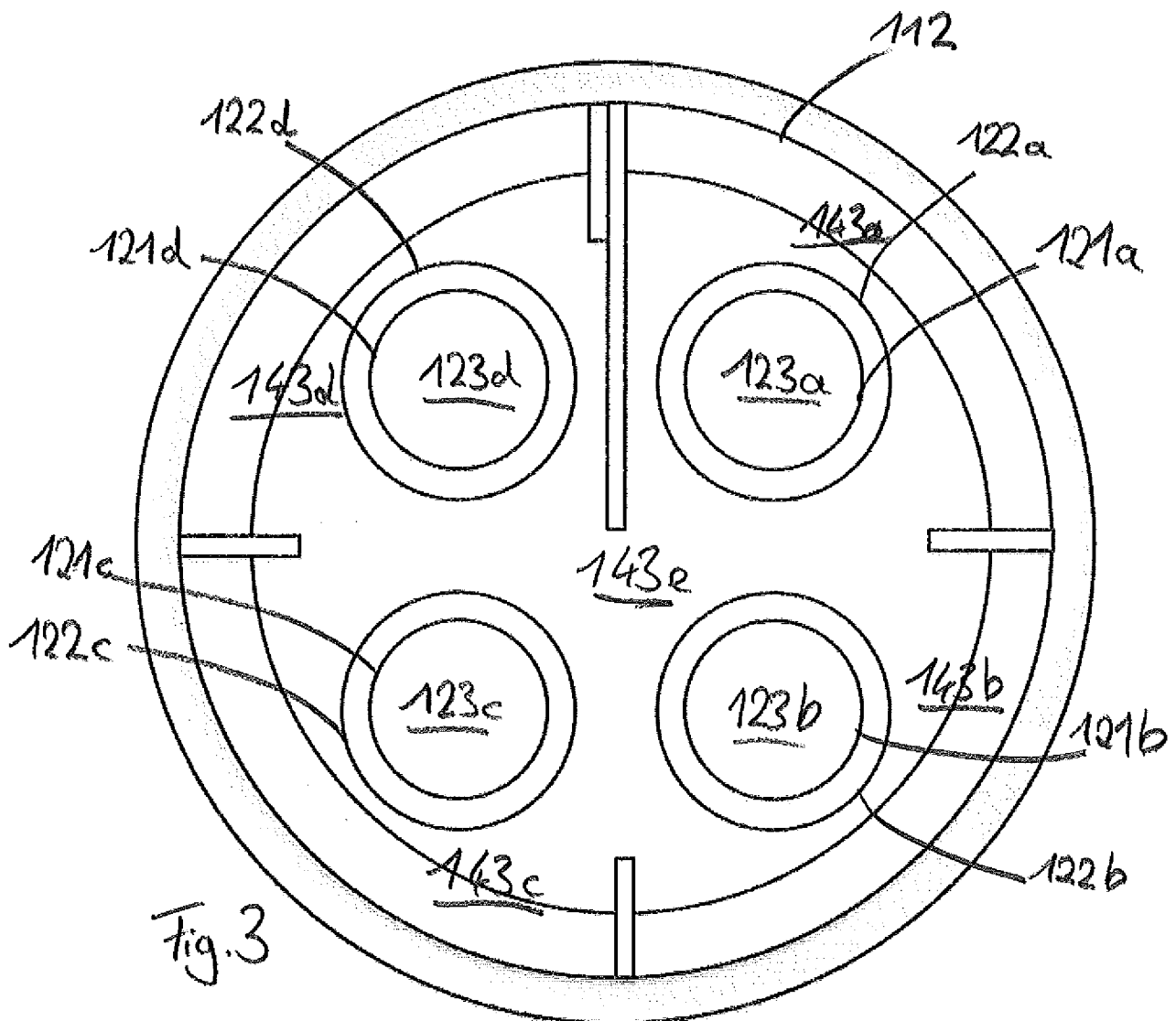
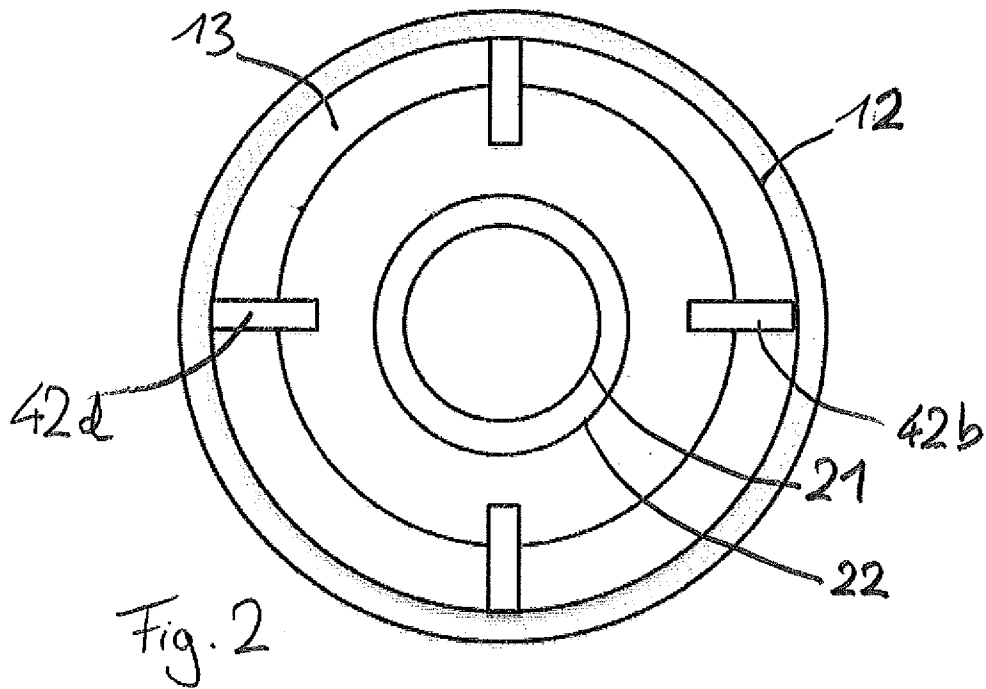
16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch 15,

gekennzeichnet durch die Schritte:

- 15 - Verändern der Sollwerttemperatur in regelmäßigen Zeitabständen um einen vorbestimmten Betrag,
- Feststellen anhand des Regelverhaltens zur Erreichung der veränderten Sollwerttemperatur, ob eine unter- oder überstöchiometrische Verbrennung in der Oxidationszone stattfindet, und
- 20 - Festsetzen der Luftzufuhr in Abhängigkeit dieser Feststellung solcherart, dass eine unterstöchiometrische Verbrennung eingeregelt wird, insbesondere indem:
 - o die Sollwerttemperatur wieder um den vorbestimmten Betrag zurück auf die vor der Veränderung bestehende Sollwerttemperatur gesetzt
 - 25 wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine unterstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde, oder

- die Luftzufuhr verringert wird, bis die veränderte Sollwerttemperatur erreicht wird, wenn anhand des Regelverhaltens eine überstöchiometrische Verbrennung festgestellt wurde.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/055082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C10J3/26 C10J3/66 C10J3/20
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C10J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/51591 A1 (FUERST ADRIAN [CH]) 19 July 2001 (2001-07-19) page 5, line 5 - page 8, line 7; figure 1 -----	1-16
A	WO 2009/020442 A1 (DETES MADEN ENERJI VE CEVRE TE [TR]; YAMANKARADENIZ HUSEYIN [TR]; TOLA) 12 February 2009 (2009-02-12) the whole document -----	1-16
A	EP 2 281 864 A1 (SAILER WALTER [AT]) 9 February 2011 (2011-02-09) the whole document -----	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 June 2012

Date of mailing of the international search report

02/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iyer-Baldew, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/055082

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0151591	A1	19-07-2001	AT 269891 T 15-07-2004
		AU 1981101 A 24-07-2001	
		EP 1248828 A1 16-10-2002	
		WO 0151591 A1 19-07-2001	
WO 2009020442	A1	12-02-2009	TR 200705430 A2 22-12-2008
		WO 2009020442 A1 12-02-2009	
EP 2281864	A1	09-02-2011	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C10J3/26 C10J3/66 C10J3/20
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C10J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/51591 A1 (FUERST ADRIAN [CH]) 19. Juli 2001 (2001-07-19) Seite 5, Zeile 5 - Seite 8, Zeile 7; Abbildung 1	1-16
A	WO 2009/020442 A1 (DETES MADEN ENERJI VE CEVRE TE [TR]; YAMANKARADENIZ HUSEYIN [TR]; TOLA) 12. Februar 2009 (2009-02-12) das ganze Dokument	1-16
A	EP 2 281 864 A1 (SAILER WALTER [AT]) 9. Februar 2011 (2011-02-09) das ganze Dokument	1-16



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Juni 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/07/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iyer-Baldew, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055082

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0151591	A1	19-07-2001	AT 269891 T 15-07-2004
		AU 1981101 A 24-07-2001	
		EP 1248828 A1 16-10-2002	
		WO 0151591 A1 19-07-2001	

WO 2009020442	A1	12-02-2009	TR 200705430 A2 22-12-2008
		WO 2009020442 A1 12-02-2009	

EP 2281864	A1	09-02-2011	KEINE
