



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.02.2012 Patentblatt 2012/05

(51) Int Cl.:
F23G 5/24 (2006.01) **F23G 7/10** (2006.01)
C10B 53/02 (2006.01) **C10B 49/02** (2006.01)
C10B 33/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11006188.4**

(22) Anmeldetag: **27.07.2011**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MS-Technologie GmbH**
3415 Hasle-Rüegsau (CH)

(72) Erfinder: **Stadelmann, Robert**
6062 Wielen (Sarnen) (CH)

(74) Vertreter: **Arato, Laszlo**
Seebuchtstrasse 19,
Postfach 41
6374 Buochs (CH)

(30) Priorität: **27.07.2010 CH 123102010**

(54) **Schachtofen zur Verschmelzung organischer Feststoffe**

(57) Es wird ein Schachtofen [1] zum Verschmelzen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zu Pyrokohle [9.1] aus feuerfesten Werkstoffen wie Schamott vorgeschlagen. Der Schachtofen [1] weist von oben nach unten einen Zuführbereich für mehrere Sorten von Rohstoffen [3.1, 3.2] auf, die mit mindestens einer Förderschnecke als Dosiereinrichtung [6.1, 6.n] und einem Füllstandwächter

[7] in der Schmelzkammer [4] und damit dem Glutbett [9.0] zugeführt werden. Die Rohstoffe [3.1, 3.2] verschmelzen im Glutbett [9.0] zu Pyrokohle [9.1]. Für das Tragen des Glutbretts und für das Austragen der Pyrokohle dient mindestens ein langsam rotierender Scheibenrost [6.0] sowie eine Förderschnecke [6.3]. Für die Überwachung und Steuerung wird eine digitale Steuerung [100] vorgeschlagen.

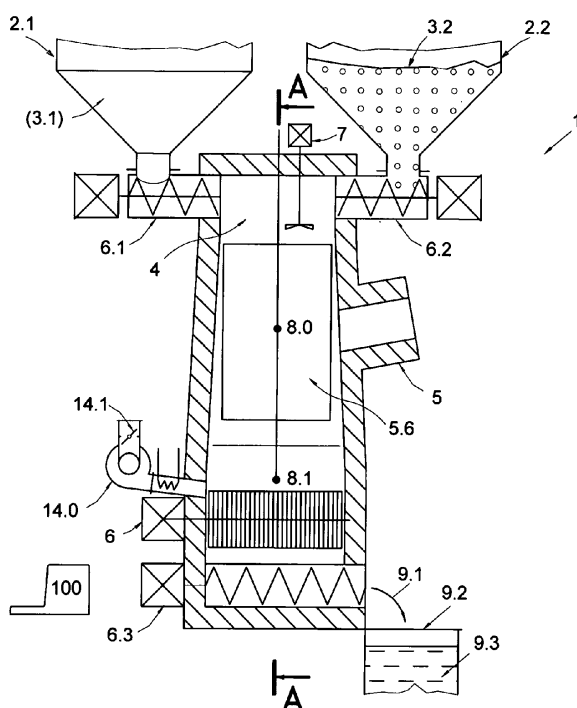


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schachtofen für die kontinuierliche Verschwelung organischer Reststoffe zu Pyrokohle bei erhöhten Temperaturen gemäss den Patentansprüchen.

[0002] Bekannt ist, dass durch Verschwelen von Stroh, Holzresten, Ästen, Sträuchern oder Strauch-schnitten Pyrokohle entsteht und, dass die Pyrokohle eine wesentlich höhere Energiedichte als Scheitholz oder Holzpellets hat und sich in Feuerungen vom Stand der Technik automatisiert verfeuern lässt. Somit eignet sich Pyrokohle vorzüglich zur Substitution von Heizöl beim gebäudeintegrierten Einsatz für Mehrfamilienhäuser sowie im Kleingewerbe und lässt sich in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (unterhalb 200 kW_{th}) [kW thermischer Herkunft]) auch netzunabhängig nutzen. Bekannt sind ferner Bestrebungen, feuchte Biomasse wie Trester beim Wein- und Obstbau oder Siebreste von Kompostieranlagen oder kommunalen Abwasseranlagen durch Verschwelen auch zu Pyrokohle zu verarbeiten und die Pyrokohle als Dünger zu verwenden. Denn wie die landwirtschaftliche Forschung weiss, sind die "schwarze Erden" = TERRA PRETA (Brasilien) oder = TSCHERNOSEM (der Ukraine und Russland) die ertragreichsten Böden der Welt, wegen des Gehalts an pyrogenem Kohlenstoff C_{pyr}, im Humus.

[0003] Aus diesen Gründen sieht die moderne Landwirtschaft das Potential der Pyrokohle für die Ertragserhöhung im Acker; als Düngungsmittel, Feuchte-Reservoir und zugleich als Biotop für Klein- und Kleinst-Lebewesen.

Ausserdem soll nach Meinung der aktuellen Klimaforschung das Ansetzen von Böden mit Pyrokohle die Rezirkulation des Kohlendioxyds in die Atmosphäre verzögern und somit das Auskuppeln von CO₂ aus der Atmosphäre ermöglichen. Daher spricht die Klimaforschung beim Einsatz der Pyrokohle in Ackerböden bereits von Klimafarming. Die Gründe für die Herstellung sowie die Nutzung der Pyrokohle sind somit mannigfaltig und zukunftsweisend.

[0004] Vom Stand der Technik DE 102005045166 ist ein Pyrolysereaktor für die Herstellung von Pyrokohle aus feuchter Biomasse bekannt, der sich etwa waagrecht erstreckt, kontinuierlich arbeitet, indem die Biomasse über gasdichte Schleusen von zwei sich ineinander kämmenden Schnecken bis zum Verschwelen zur Pyrokohle befördert wird, so dass eine einheitlich feinkörnige Pyrokohle entsteht und dabei die thermische Energie der Schwelgase den Pyrolysereaktor heizt.

[0005] Der Nachteil des Pyrolysereaktors ist trotz allen Vorzügen, dass die Rohstoffe die zwangsweise Förderung mit Doppelschnecken und Zellenradschleusen anfällig machen, so dass das Konzept ungeeignet zu sein scheint.

[0006] Die vorliegende Erfindung will die kontinuierliche Verschwelung organischer Roh- und Reststoffe ohne den Einsatz hochwertiger, teurer Legierungen für

den Reaktor und ohne zwangsweise Vorschub der Reststoffe im Reaktor und ohne zu hohe Temperaturen, wie sie in den Ansprüchen des Standes der Technik stehen, erreichen, indem ein einfacher, robuster und energetisch effizienter Ofen für die Herstellung der Pyrokohle vorgeschlagen wird.

[0007] Die Erfindung nutzt die eigene Schwerkraft zur Förderung der Rohstoffe und im Gegenstrom den natürlichen Zug der Schwelgase. Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind der Verzicht auf den erzwungenen Transport der organischen Reststoffe, der einfache Aufbau der Schwelkammer aus altbekannten und bewährten feuerfesten und preiswerten Mörteln und Massen und die Verwendung von deutlich tieferen Prozesstemperaturen als vom Stand der Technik.

[0008] Für das Tragen des Glutbetts [9.0] und Austragen der Pyrokohle [9.1] aus dem Glutbett [9.0] dient mindestens eine rotierende Scheibenrostwalze [6.0']. Für das Austragen der Pyrokohle [9.1] in einen nach oben und an einem Ende offenen Trog dient eine Austrags-schnecke [6.3]. Diese Austragsschnecke [6.3] mit der Pyrokohle [9.1] verhindert das Eindringen der Aussenluft in die Schwelkammer [4] oder erschwert zumindest das Eindringen der Luft in den Schachtofen [1].

[0009] Nachfolgend ist die Erfindung anhand von einem Ausführungsbeispiel wie folgt gezeigt:

Fig. 1 Der Schachtofen (1) im Längsschnitt mit dosierbarer Beschickung der Rohstoffe (3.1, 3.2) für die Erzeugung von Pyrokohle (9.1) aus feuchten (3.1) und trockenen (3.2) biologischen Stoffen.

Fig. 2 Der Schachtofen (1) der Figur 1 im Querschnitt mit sich kämmenden Scheiben-rosten (6.0', 6.0") und einer Austrags-schnecke (6.3) in Betrieb.

Fig. 3 Das Konzept des Schachtofens (1) der Figuren 1 und 2 mit der Peripherie.

[0010] Gemäss den Fig. 1, 2 und 3 besteht der Schachtofen 1 aus einem Zuführbereich der Rohstoffe 3.1, 3.2 aus der Schwelkammer 4; dem Aufbereitungsort der Rohstoffe 3.1, 3.2 und dem Glutbett 9.0; dem Verschwelungsort der Rohstoffe 3.1, 3.2 zu Pyrokohle 9.1 sowie aus der Entnahmezone der Pyrokohle 9.1.

Die für die Pyrolyse bestimmten feuchten Rohstoffe 3.1 gelangen aus dem Silo 2 über die Dosierschnecke 6.1 in die Schwelkammer 4 des Schachtofens 1 bis die Rohstoffe 3.1 den vom Füllstandwächter 7 überwachten Füllstand 4.1 erreichen und das Rotieren des in der Fig. 1 angedeuteten Schaufelchens des Füllstandwächters 7 am Durchdrehen verhindern. Die Blockade des Füllstandwächters 7 nimmt die Steuerung 100 wahr und blockiert die Förderung der Rohstoffe 3 der Dosierschnecke 6.1 über die Steuerung 100 so lange, bis der Füllstandwächter 7 zu rotieren beginnt und die Förderung der Rohstoffe 3.1 fortgesetzt werden kann.

[0011] Beim Anfahren der Anlage, gemäss der Fig. 1 und 3 saugt der Mehrstufen-Exhaustor 16 über die Zuluftklappe 10.6 Zuluft und über die Heissluftklappe 14.1 die Luft des Heissluftgebläses 14.0 mit bis zu 600°C an, so dass die Rohstoffe 3.2 im Bereich des Glutbettes 9.0 verdorren, zu brennen beginnen und nach wenigen Minuten zu Glut werden. Das Erreichen der Glutbett-Temperatur von 450° C wird nach fünf, sechs Minuten vom Glutbett-Thermometer 8.1 an die Steuerung 100 gemeldet, so dass das Heissluftgebläse 14.0 ausgeschaltet, die Heissluftklappe 14.1 geschlossen und die Zuluftklappe 10.6 so gestellt wird, dass der Wert der Lambda-Sonde 8.7 mindestens $\lambda = 1,0$ beträgt. Mit der Lambda-Sonde 8.7 wird die Zuluftklappe 10.6 in der Steuerung 100 so geregelt, dass im Wärmetauscher der Rohstoffheizung 12.0 ein optimales Gemisch der Schwelgase 5 mit der Luft für den Brenner 10.4 entsteht, mit dem Vorteil, dass die Schwelgase vollständig verbrannt werden und kein Überangebot von Zuluft vorhanden ist, denn dies würde die Anlage Energie "kosten".

[0012] Die Schwelgase verlassen die Schwelkammer 4 über die Schwelgasleitung 5, verlieren ihren Russanteil im vorzugsweise zyklonartigen Staubabscheider 5.1 und gelangen über den Rekuperator 10.8, wo sie die frische Zuluft erwärmen, um anschliessend im Brenner 10.4 mit der zufließenden Zuluft zu verbrennen und die Heizung der Rohstoffe 12.0 mit Wärme zu speisen.

[0013] Im Glutbett 9.0 dauert das Abschwelen der Rohstoffe 3.1 so lange bis die Rohstoffe 3.2 zu Pyrokohle 9.1 ausgeglüht und mit den gegenläufig rotierenden Scheibenrostwalzen 6.0', 6.0" befördert und von der Austragsschnecke 6.3 aus dem Schachtofen 1 ausgeschieden werden und in den bewässerten Lagerbehälter der Pyrokohle 9.2 gelangen. Die gegenläufig rotierenden Scheibenrostwalzen 6.0', 6.0" sind vorzugsweise paarweise und gemäss der Fig.1 und Fig. 2 ineinandergreifend gestaltet, so dass sie die Glut der Pyrokohle 9.1 fortlaufend in die Austragsschnecke 6.3 bewegen. Die Austragsschnecke 6.3 fördert die heisse Pyrokohle 9.1 so aus dem Schachtofen 1, dass durch die Entnahme der Pyrokohle möglichst wenig Luft in die Schwelkammer 4 gelangen kann. Um die Selbstentzündung der Pyrokohle 9.1 zu verhindern, wird der Lagerbehälter 9.2 der Pyrokohle gemäss den Fig. 1 und Fig. 3 mit Wasser 9.3 bespritzt oder gefüllt und als zusätzliche Sicherheitsmassnahme überwacht die Steuerung 100 mit dem Thermometer 8.4 die Temperatur der Pyrokohle 9.1.

[0014] Der von den Staubabscheidern 5.1 ausgeschiedene Schwelgas-Russ 21 der Schwelgase 5 wird über die Dosierschnecke 6.4 in den Schwelgas-Russbehälter 22 entsorgt.

[0015] Die Rohstoffe 3.1 und 3.2 der Figur 1 unterscheiden sich im Feuchtegehalt. Wenn zum Beispiel das Silo 2.1 als Rohstoff 3.1 lufttrockenes Holz mit 15 bis 18 % Feuchte enthält und das Silo 2.2 als Rohstoff 3.2 frisch geschlagenes grünes Holz mit 40 bis 60 % Wasser enthält, lohnt es sich nicht, den Rohstoff 3.1 mit 4 bis 4,4 kWh/kg Heizwert zu trocknen, den Rohstoff 3.2 aber

schon! weil die Feuchtigkeit den Heizwert von 4 bis 4,4 auf 1,9 kWh/kg ≥ 50 % verringert.

[0016] Die vorgeschlagene Anordnung der Figur 1 bietet die Möglichkeit, die Rohstoffe 3.1, 3.2, 3.n alternierend, sequenzierend oder nach einem Rezept über die Steuerung 100 in die Schwelkammer 4 des Schachtofens 1 zu bringen.

[0017] Für die Regelung der verhältnismässig langsamen Vorgänge ist eine Vielzahl fest verdrahteter Logik- oder Regelkreise der Speicher programmierbaren Steuerung (SPS) ausreichend. Dennoch wird der Einsatz eines Mikrocomputers für die Steuerung 100 der Pyrokohle-Herstellung vorgeschlagen, weil einschlägige Produkte preiswert und ihre Vernetzung mit den Sensoren und Aktuatoren einfacher ist als die der SPS Steuerungen.

[0018] Dabei gilt, dass die Messwerte der Sensoren

- des Füllstandwächters 7,
- die Temperatur

- der Schwelkammer 8.0
- vom Glutbett 8.1
- der Schwelgase 8.2
- der Pyrokohle 8.4
- der Abgase 8.5, sowie

- den Sauerstoffgehalt der Abgase mit der Lambda-Sonde 8.7

ermitteln und die Signale im A/D Wandler 140 im Mikroprozessors 110 der Steuerung 100 in Zahlenwerte wandeln und über den Mikroprozessor 110 mit den Routinen des Flash-Speichers 130 zu Befehlen formen und über die Schnittstellen 120 zur Betätigung der Antriebe der Dosierschnecken 6.1 bis 6.5 zum Schalten des Heissluftgebläses 14.0 und Regeln der Heissluftklappe 14.1 und zum Schalten der Zuluftklappe 10.6 des Mehrstufen-Exhaustors 15 sowie das Ein- und Ausschalten der Umwälzpumpe der Rohstoffheizung weitergeben.

[0019] Damit für die in der Fig. 3 vorgeschlagene Ausführung weder Überschuss noch Mangel an Sauerstoff im Abgas herrscht, wird die für die Schwelgase 5 benötigte stöchiometrische Reaktion der Luftmenge ermittelt. Dazu wird der Restsauerstoffgehalt im Abgas, wie bei den Brennkesseln üblich, mit der Lambda-Sonde 8.7 bestimmt und der Luftüberschuss mit dem mehrstufigen Exhaustor 16 und der Zuluftklappe 10.6 so geregelt, dass der Lambdawert grösser 1,0 ist.

[0020] Für den Stromausfall sind die Heissluftklappen 14.1 und die Zuluftklappe 14.6 wie in Fig. 3 angedeutet mit Gewicht oder nicht gezeigten Federn versehen, damit diese notfallmässig den Schachtofen 1 selbsttätig schliessen, um die Brandgefahr zu reduzieren.

[0021] Die Figuren 1 und 2 zeigen den konstruktiven Aufbau des Schachtofens 1 mit dem Längs- und dem Querschnitt. Weil die vorliegende Erfindung die Rohstoffe verschwelt, wird mit Unterdruck gearbeitet und der Zu-

tritt der Umgebungsluft bei der Zuführung der Rohstoffe und der Entnahme der Pyrokohle 9.1 - im Einklang mit den feuerpolizeilichen Vorschriften - dauernd verhindert. Diese Aufgabe löst die Erfindung im Bereich der Speisung indem der Schachtofen, an Stelle von Schleusen, gemäss dem Stand der Technik, mit den Rohstoffen 3.1, 3.2 von den Silos 2.1, 2.2 her mit den Dosierschnecken 6.1, 6.2 so beaufschlagt wird, dass die Masse der Rohstoffe die Zufuhrwege der Luft in den Dosierschnecken 6.1, 6.2 des Schachtofens verstopft.

[0022] Die Figuren 1 und 2 der Erfindung zeigen, dass die im Glutbett 9.0 des Schachtofens 1 erzeugte Pyrokohle 9.1 ohne Schleuse aus der Schwelkammer 4.0 gefördert wird. Die Figur 3 zeigt die für diese vorteilhafte Förderung der Pyrokohle 9.1 notwendigen Geräte und ihre Anordnung in und am Schachtofen 1. In der Figur 1 fehlt das Glutbett 9, aber dessen Stelle wird durch das Glutbett-Thermometer 8.1 angezeigt. Die beiden Scheibenrostwalzen 6.0' und 6.0" greifen ineinander und sind über der Austragsschnecke 6.3 angeordnet und fördern die Pyrokohle 9.1 in die Wanne der Austragsschnecke 6.3. Für die Aufnahme der Scheibenroste 6.0', 6.0" ist die Schwelkammer 4 im unteren Bereich wannenförmig geformt. Zum Austragen der Pyrokohle 9.1 aus dem Glutbett 9.0 dient der Förderspalt zwischen den beiden Austragswalzen 6.0', so dass die Pyrokohle 9.1 in den nach oben offenen Trog mit der Austragschnecke 6.3 fallen kann. Die Austragsschnecke 6.3 fördert die Pyrokohle 9.1 aus dem Schachtofen 1 durch die kreisrunde Öffnung der Wand des Schachtofens 1 gegen die Überlaufschwelle 9.1, so dass durch die Förderung ein stetig dichtender Stau der Pyrokohle 9.1 entsteht.

BEZEICHNUNGEN

[0023]

1 Schachtofen

2 Silo

2.1 Silo 1

2.2 Silo 2

3.1 Rohstoff A

3.2 Rohstoff B

4 Schwelkammer

4.1 Füllstand

4.2 Heissluftöffnung

5 Schwelgasleitung

5.1 Schwelgasstaubabscheider

6 Scheibenrostantrieb

6.0' Scheibenrostwalze

5 6.0" Scheibenrostwalze

6.1 Dosierschnecke Feststoffe A

6.2 Dosierschnecke Feststoffe B

10

6.3 Austragschnecke

6.4 4 Dosierschnecke Schwelgasruss

15

7 Füllstandwächter

8.0 Thermometer Schwelkammer

8.1 Thermometer Glutbett

20

8.2 Thermometer Schwelgase

8.3 Thermometer Brennkammer

25

8.4 4 Thermometer Pyrokohle

8.5 Thermometer Abgase

8.7 Lambda-Sonde

30

8.9 Kamin

9.0 Glutbett

35

9.1 Pyrokohle

9.2 Lagerbehälter Pyrokohle

9.3 Wasser

40

10.4 Brenner

10.5 Wärmetauscher

45

10.6 Zuluftklappe

10.8 Rekuperator

12.0 Wärmeaustauscher Rohstoffheizung

50

12.1 Heizschlange Rohstoffe B

12.2 Umwälzpumpe Rohstoffheizung

55

14.0 Heissluftgebläse

14.1 Heissluftklappe

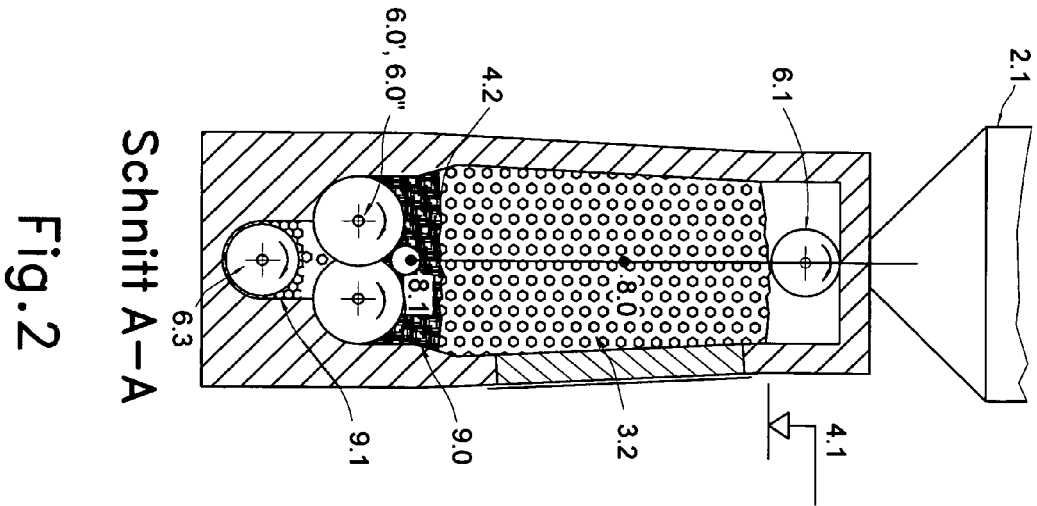
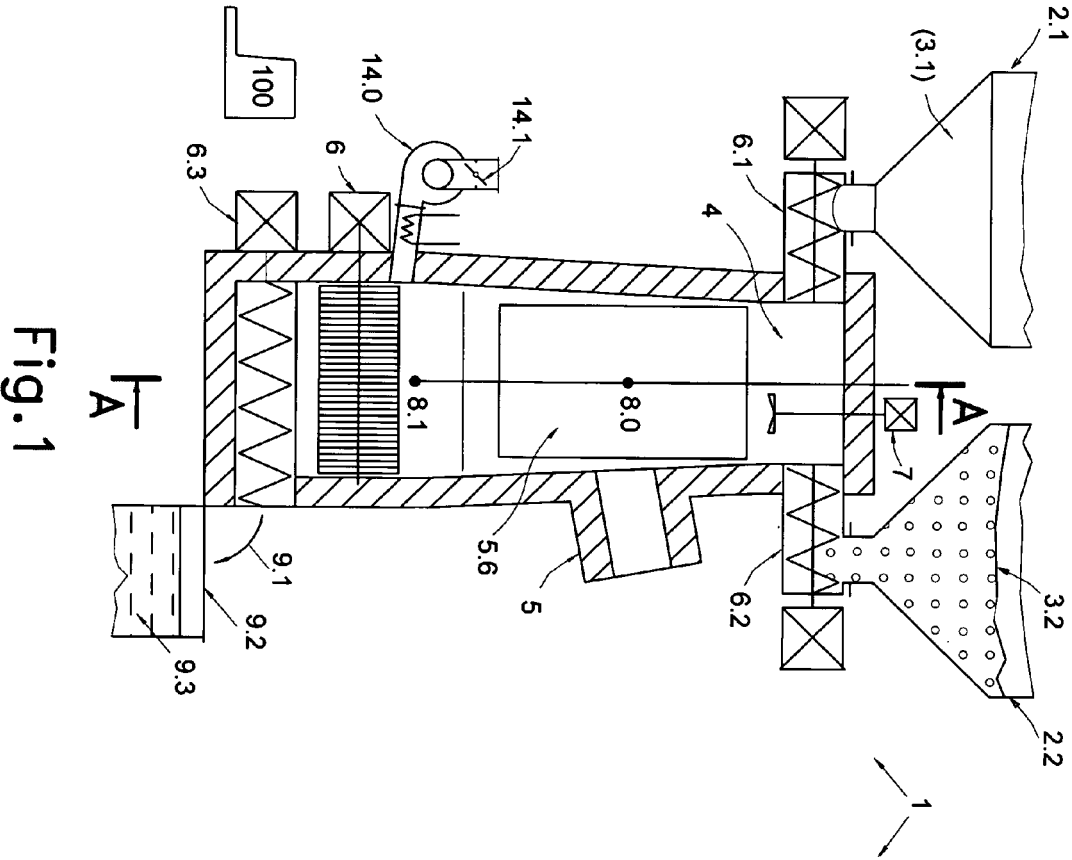
- 15 Motor-Generator
- 16 Mehrstufen-Exhaustor
- 21 Schwelgas-Russ
- 22 Schwelgas-Russbehälter
- 100 Steuerung
- 110 Mikroprozessor
- 120 Schnittstelle
- 130 Flash-Speicher
- 140 Analog-Digitalwandler

Patentansprüche

1. Schachtofen [1] aus feuerfesten Werkstoffen, zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zur Pyrokohle [9.1] **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schachtofen [1] von oben nach unten aus einem Zuführbereich der Rohstoffe [3.1, 3.2], aus der Schwelkammer [4]; dem Aufbereitungsort der Rohstoffe [3.1, 3.2] und des Glutbetts [9.0]; dem Verschwelungsort der Rohstoffe [3.1, 3.2] zu Pyrokohle [9.1] sowie aus der Entnahmezone der Pyrokohle [9.1] besteht, und dass für die Zuführung der organischen Fest- und Reststoffe [3.1-3.n] mindestens eine Förderschnecke als Dosiereinrichtung [6.1, 6.n], und dass zum Tragen des Glutbetts [9.0] und zum Austragen der Pyrokohle [9.1] aus dem Glutbett [9.0] mindestens eine rotierende Scheibenrostwalze [6.0'] dient und für das Austragen der Pyrokohle in einem nach oben offenen Trog eine Austragschnecke [6.3] dient und dass die Austragschnecke [6.3] mit der Pyrokohle [9.1] den Weg der Aussenluft zum Eindringen in die Schwelkammer [4] versperrt oder erschwert.
2. Schachtofen [1] nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwelkammer [4] mindestens über einen Füllstandwächter [7] und mindestens einen Thermometer [8] verfügt, und dass es an der Schwelkammer [4] des Schachtofens [1] ein Heissluftgebläse [14] zum Starten der Verschwelung und einen Exhaustor [16] zum Abzug der Schwelgase [5.0], sowie eine Steuerung [100] zum Erzeugen und Erhalten des Glutbetts [9.0] und zur Steuerung der Dosiereinrichtungen [9.1] der organischen Rohstoffe und für die Förderung der organischen Reststoffe [9.1] zu steuern, regeln oder zu stoppen gibt.
3. Schachtofen [1] zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zur Pyrokohle [9.1] nach einem der

Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Messfühler [7] im Schachtofen [1] den Füllstand [4.1] der organischen Feststoffe [3.1-3.n] misst.

4. Schachtofen [1] zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zur Pyrokohle [9.1] nach einem der Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messfühler im Schachtofen ein Füllstandwächter [7] vorzugsweise mit drehendem Flügel oder Löffel ist.
5. Schachtofen [1] zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zur Pyrokohle [9.1] nach einem der Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllstandwächter [7] auf das vorbestimmte Füllstandniveau [4.1] gesetzt ist, periodisch ein Signal an die Steuerung [100] sendet und damit die Drehung oder das Stillstehen des Flügels oder des Löffels anzeigt
6. Schachtofen [1] zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] zur Pyrokohle [9.1] nach einem der Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung einen Mikroprozessor aufweist, der die Signale für die Steuerung und Regelung des Schachtofens für die Pyrokohle [9.1] verwendet.
7. Schachtofen [1] zum Verschwelen organischer Rohstoffe [3.1, 3.2] nach einem der Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwelgase [5.0] in einem Brenner [10.4] verbrannt und die Wärme der Gase mit einer Rohstoffheizung [12] für die Heizung und Trocknung der Rohstoffe [3.1-3.n] verwendet wird.



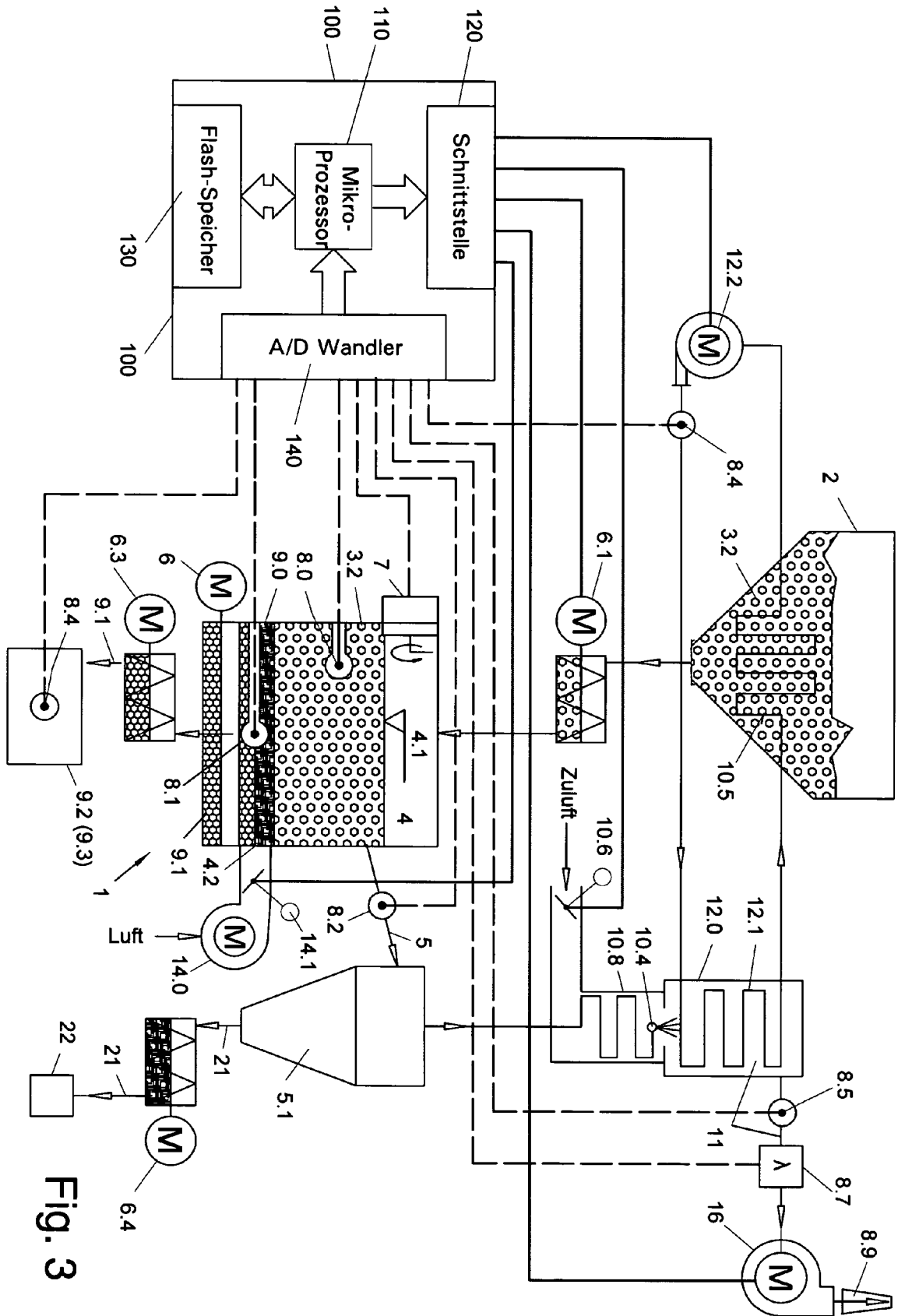


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005045166 [0004]