

(19)



(11)

EP 3 366 751 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.05.2022 Patentblatt 2022/19

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C10B 7/02 ^(2006.01) **F27B 9/18** ^(2006.01)
F27B 9/39 ^(2006.01) **F27B 9/36** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17158190.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C10B 7/02; C10B 49/04; F27B 2009/3607;
F27B 2009/3692

(22) Anmeldetag: **27.02.2017**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ZUMINDEST PARTIELLEN PYROLYSE UND OXIDATION EINES ORGANISCHEN ANTEILS EINES STAUBFÖRMIGEN SCHÜTTGUTS**

PROCESS AND APPARATUS FOR THE AT LEAST PARTIAL PYROLYSIS AND OXIDATION OF ORGANIC MATERIAL IN A PULVERIZED FEED MATERIAL

PROCÉDÉ ET APPAREIL POUR LA PYROLYSE ET L'OXYATION AU MOINS PARTIELLE DE MATÉRIAU ORGANIQUE DANS UNE ALIMENTATION PULVERISÉE

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.2018 Patentblatt 2018/35

(73) Patentinhaber: **TSP GmbH**
73730 Esslingen (DE)

(72) Erfinder:
• **RITTERBUSCH, Steffen**
70563 Stuttgart (DE)

• **CONRAD, Tilo**
72622 Nürtingen (DE)

(74) Vertreter: **Dr. Gassner & Partner mbB**
Wetterkreuz 3
91058 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-01/31070 DE-C- 421 118
US-A- 3 379 622

EP 3 366 751 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 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zumindest partiellen Pyrolyse und zumindest partiellen Oxidation sowie ggf. partiellen Vergasung eines organischen Anteils eines staubförmigen Schüttguts zumindest teilweise organischen Ursprungs. Bei der zumindest partiellen Pyrolyse bzw. der zumindest partiellen Oxidation kann es sich jeweils unabhängig voneinander um eine vollständige oder eine teilweise Pyrolyse bzw. Oxidation handeln. Bei der Vergasung wird in dem organischen Anteil enthaltener Kohlenstoff partiell oxidiert und mit Wasser bzw. Wasserdampf zu Wassergas, d. h. einem Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, umgesetzt. Wichtig bei dem Verfahren ist, dass das Produkt des Verfahrens darin enthaltenen Phosphor in für Pflanzen leicht verwertbarer Form enthält. Der organische Ursprung kann dabei zumindest ein Mensch, zumindest ein Tier, zumindest eine Pflanze, zumindest eine Alge und/oder zumindest ein Pilz sein. Der organische Ursprung kann auch ein mikrobieller Ursprung sein. Alle Schüttgüter zumindest teilweise organischen Ursprungs enthalten Kohlenstoff und Phosphor. Das Schüttgut kann z. B. Klärschlamm, Tierkot, Algen, Torf oder Braunkohle jeweils in zumindest teilweise getrockneter Form oder Sägemehl umfassen. Das Schüttgut kann einen anorganischen Anteil, z. B. in Form von feinem Sand oder Mineralien, von bis zu 70 Gew.-% aufweisen.

[0002] Problematisch bei der üblichen Monoverbrennung von Klärschlamm ist, dass die durch die dabei üblicherweise herrschende Temperatur von über 850 °C entstehende Asche zunächst erweicht und bei einer Temperatur von über 950 °C sogar versintert bzw. verglast. Der in der Asche enthaltene Phosphor liegt dann nicht mehr in einer für Pflanzen verwertbaren Form vor.

[0003] Aus der EP 3 037 395 A1 sind bereits ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gewinnung eines Produkts beim Vergasen eines Schüttguts zumindest teilweise organischen Ursprungs unter zumindest partieller Oxidation des Schüttguts bekannt, wobei das Produkt Phosphor in für Pflanzen leicht verwertbarer Form enthält. Bei dem Verfahren wird eine Schüttung des Schüttguts in einen Reaktionsraum eines Reaktors eingebracht und darin kontinuierlich oder intermittierend bewegt. Das Schüttgut wird auf der Oberseite der Schüttung auf eine Temperatur erwärmt, bei der es zu einer Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts kommt. Weiterhin wird Luft oder ein sonstiges Sauerstoff enthaltendes Gasgemisch über mindestens eine Einblasöffnung in mindestens einem sich kontinuierlich oder intermittierend durch die Schüttung bewegendem Werkzeug in die Schüttung eingeblasen. Dabei wird das Einblasen der Luft oder des sonstigen Gasgemischs so geregelt, dass die Menge an Luft oder des Gasgemischs nur zu einer unvollständigen Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts im Reaktionsraum ausreicht. Bei dem Verfahren wird das Schüttgut dem Reaktionsraum von oben

zugeführt und unten im Reaktionsraum abgeführt. Bei dem Verfahren bewegen sich das eingeblasene und das entstehende Gas in dem Reaktionsraum aufsteigend und das Schüttgut in entgegengesetzter Richtung absteigend. Das Verfahren hat sich für gleichmäßig vom Gas durchströmbares Schüttgut bewährt.

[0004] Aus der CH 684961 A5 ist ein Etagenofen zur Schlamm- und Abfallverbrennung bekannt. Der Ofen besitzt mehrere ringförmige, übereinander angeordnete Herde, über die das Brenngut mittels mit schräggestellten Rührzähnen bestückter Krählarms abwechselnd radial nach innen und außen und auf den nächsten tieferen Herd gefördert wird. Die obersten Herde dienen der Trocknung und die untersten Herde der Schlacken- bzw. Aschenkühlung. Die Herde besitzen abwechselnd innen und außen Durchfallöffnungen. Die Rührzähne an aufeinanderfolgenden Krählarms haben eine abwechselnd nach innen und nach außen gerichtete Anstellung. Dadurch wird das Brenn- und Trockengut abwechselnd hin- und hergeschoben und auf diese Weise langsam über die Herde gefördert. Die Verbrennungsluft kann über eine hohle Welle in die hohlen Krählarms, die in der Nähe der Rührzähne mit Austrittsöffnungen versehen sind, in den Etagenofen eingeleitet werden. Beim Betrieb des Etagenofens mit einem staubförmigen oder staubhaltigen Schüttgut kommt es jedoch zu Staubaufwirbelungen.

[0005] DE 421 118 C, US 3 379 622 A und WO 01/31070 A1 beschreiben Etagenreaktoren zur partiellen Pyrolyse und Oxidation von Schüttgut.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein alternatives Verfahren zur zumindest partiellen Pyrolyse und zumindest partiellen Oxidation eines organischen Anteils eines staubhaltigen oder staubförmigen Schüttguts zumindest teilweise organischen Ursprungs anzugeben, welches eine verhältnismäßig gleichmäßige Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts und eine verhältnismäßig geringe Staubfracht im entstehenden Rauchgas ermöglicht. Weiterhin soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung angegeben werden.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 15 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 14.

[0008] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur zumindest partiellen Pyrolyse und zumindest partiellen Oxidation eines organischen Anteils eines staubhaltigen oder staubförmigen Schüttguts zumindest teilweise organischen Ursprungs vorgesehen. Bei dem Schüttgut kann es sich um ein Schüttgut handeln, welches sich wie oder zumindest ähnlich wie ein Fluid verhält. Der Begriff "Schüttgut" bezeichnet hier und im Folgenden nicht nur das bei dem Verfahren eingesetzte Schüttgut sondern auch jegliches im Laufe des Verfahrens aus dem ursprünglich eingesetzten Schüttgut entstehendes festes rieselfähiges Zwischenprodukt oder Produkt, welches auch Asche umfassen kann. Das Schüttgut kann dabei

in nicht, partiell oder vollständig pyrolysiertes und/oder in nicht, partiell oder vollständig oxidiertes Form vorliegen.

[0009] Das Verfahren erfolgt gemäß Anspruch 1.

[0010] Weiterhin wird vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert, dass ein Strom des Gasgemischs das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel bewegendes Schüttgut kreuzt oder durchströmt oder dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömt.

[0011] Zur Erzeugung von Wassergas kann das Gasgemisch optional Wasser in Form von Dampf oder einem Aerosol enthalten. Alternativ kann das Schüttgut außer mit dem Gasgemisch mit Wasser in Kontakt gebracht werden.

[0012] Das Einbringen gemäß Schritt a) kann dabei kontinuierlich oder intermittierend erfolgen. Das in den Reaktionsraum eingebrachte Schüttgut kann direkt auf die erste Reaktionsfläche aufgebracht werden. Es kann aber auch zunächst auf mindestens eine der ersten Reaktionsfläche vorgelagerte Reaktionsfläche aufgebracht werden und von dort erst auf die erste Reaktionsfläche gelangen.

[0013] Das Durchmischen und Bewegen in den Schritten a) und b) kann jeweils unabhängig voneinander kontinuierlich oder intermittierend erfolgen. Die Überleitung des Schüttguts auf dem oder durch das Leitungsmittel und das Ausbringen des Schüttguts aus dem Reaktionsraum oder dem weiteren Reaktionsraum mittels des Ausleitmittels kann jeweils unabhängig voneinander unter Ausnutzung der Schwerkraft oder durch aktive Förderung, beispielsweise mittels einer Förderschnecke erfolgen. Bei dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch kann es sich um Luft handeln.

[0014] Das Gasgemisch kann nachdem es mit dem Schüttgut in Kontakt gebracht worden ist auch ein bei der zumindest partiellen Oxidation entstehendes Oxidationsgas und ggf. auch ein bei dessen Verbrennung entstehendes Verbrennungsgas und kein oder zumindest weniger Sauerstoff als ursprünglich umfassen. Üblicherweise folgt das Schüttgut im Laufe des Verfahrens der Schwerkraft, so dass das Ausleitmittel üblicherweise im unteren Teil des Reaktionsraums und unterhalb der zweiten und ggf. weiterer Reaktionsfläche/n angeordnet ist.

[0015] Eine Gasauslassöffnung für das Gasgemisch ist üblicherweise im oberen Teil des Reaktionsraums und oberhalb der ersten und ggf. mindestens einer der ersten Reaktionsfläche vorgelagerten Reaktionsfläche angeordnet. Nachdem es mit dem Schüttgut in Kontakt gebracht worden ist, strömt das Gasgemisch daher üblicherweise im Reaktionsraum unter Umströmung sämtlicher der Reaktionsflächen nach oben.

[0016] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass es bei dem Verfahren gemäß der EP 3 037 395 A1 beim Umsetzen eines staubhaltigen oder staubförmigen Schüttguts durch eine schlechte Durchströmbarkeit eines solchen Schüttguts zu einem starken Gasdruckabfall in der Schüttung und teilweise zur Ausbildung von Strömungskanälen sowie zu erheblichen Staubauf-

wirbelungen kommt. Durch das Ausbilden von Strömungskanälen kommt es zu ungleichmäßigen und damit schlecht zu kontrollierenden Oxidationsvorgängen in dem Reaktionsraum und zu einer hohen Staubfracht im entstehenden Rauchgas. Mit der hohen Staubfracht geht ein verhältnismäßig hoher Wartungsbedarf einher.

[0017] Weiterhin haben die Erfinder erkannt, dass das sich bei dem Verfahren gemäß der EP 3 037 395 A1 durch die Schüttung bewegendes Werkzeug einem verhältnismäßig hohen Verschleiß unterliegt.

[0018] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Entstehung von in Gas suspendiertem Staub zumindest weitgehend vermieden wird. Die Staubbelastung des im Verfahren entstehenden Abgases wird dadurch deutlich verringert. Dies wird dadurch erreicht, dass vermieden wird, dass ein Gasstrom einen Strom des Schüttguts kreuzt, diesen durchströmt oder diesem entgegen strömt und das Gas dadurch den von dem Schüttgut umfassten Staub mitreißt. Das wird dadurch erreicht, dass vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemischs das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel bewegendes Schüttgut kreuzt oder durchströmt oder dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömt. Weiterhin wird es dadurch erreicht, dass das Schüttgut dadurch mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch in Kontakt gebracht wird, dass es von oben und/oder von einer Seite her so mit dem Gasgemisch beaufschlagt wird, dass das Gasgemisch das Schüttgut überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts zu durchströmen. Das Gasgemisch wird also nicht wie bei dem aus der EP 3 037 395 A1 bekannten Verfahren in das Schüttgut eingeblasen.

[0019] Die Temperatur, auf die das Schüttgut erwärmt wird, so dass es zu einer Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts kommt, beträgt üblicherweise mindestens 250 °C. Die Temperatur hängt dabei von der Art des Schüttguts ab. Bei Sägemehl können 250 °C genügen, während bei getrocknetem Klärschlamm mindestens 500 °C erforderlich sein können. Die Temperatur kann in einem Heizmittel, beispielsweise durch einen elektrischen Heizstab oder eine elektrische Heizschlange oder eine sonstige elektrische Heizung, eine mittels Gas oder Öl beheizte Heizkammer und/oder durch Verbrennen des bei der Pyrolyse oder durch die unvollständige Oxidation des Schüttguts entstehenden Gases oberhalb der Schüttung, insbesondere in einer Brennkammer, erzeugt werden. Das Erwärmen des Schüttguts auf eine zur Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts ausreichende Temperatur genügt, um durch das Einblasen des Gasgemischs eine Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts zu bewirken und dadurch die Temperatur im Schüttgut zumindest aufrecht zu erhalten oder sogar zu erhöhen. Zur Verbrennung des bei der Pyrolyse oder durch unvollständige Oxidation des Schüttguts entstehenden Gases kann das oder ein weiteres Sauerstoff enthaltendes Gasgemisch dem Reakti-

onsraum zugeführt werden.

[0020] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, das Schüttgut bei verhältnismäßig geringer Temperatur im Bereich von 250 °C bis 850 °C, insbesondere 300 °C bis 800 °C, zu vergasen, ohne dass es dabei zu Temperaturspitzen oberhalb dieses Bereichs und damit zu einem Erweichen, Versintern oder Verglasen der Asche kommt. Das entstehende Produkt ist verhältnismäßig homogen und weist eine gute Verfügbarkeit des darin enthaltenen Phosphors für Pflanzen auf. Das entstehende Gas kann in einer/der Brennkammer unter Entstehung von Verbrennungsgas verbrannt werden. Dabei kann eine Temperatur von mindestens 850 °C erreicht werden. Das Verbrennungsgas kann mit einer Verweilzeit von mindestens zwei Sekunden bei dieser Temperatur gehalten werden, so dass dadurch die Vorgaben der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes der Bundesrepublik Deutschland erfüllt werden können. Das entstehende Verbrennungsgas ist mit einem verhältnismäßig geringen Staubanteil belastet. Gleichzeitig ist der Energieaufwand zum Beaufschlagen des Schüttguts mit dem Gasgemisch von oben und/oder von der Seite her deutlich geringer als beim Einblasen des Gasgemischs in das Schüttgut, wie es aus der EP 3 037 395 A1 bekannt ist. Ein weiterer Vorteil des Beaufschlagens des Schüttguts von oben und/oder von der Seite her mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch bei gleichzeitiger Durchmischung des Schüttguts besteht darin, dass die Oxidation des Schüttguts wesentlich gleichmäßiger erfolgt als bei einem Einblasen des Gasgemischs in das Schüttgut. Bei dem Einblasen des Gasgemischs in das Schüttgut können sich Gaskanäle ausbilden, die dann zu einer lokal verstärkten Reaktion bzw. Oxidation und einer damit einhergehenden lokalen Überhitzung und dadurch einem lokalen Erweichen, Versintern oder Verglasen der Asche im Schüttgut führen. Die hohe Staubfracht im entstehenden Verbrennungsgas führt im Stand der Technik auch zu einem verhältnismäßig hohen Wartungsbedarf. Außerdem erfordern heutige gesetzliche Vorgaben aufwendige verfahrenstechnische Maßnahmen, um den Staub aus dem Verbrennungsgas zu entfernen. Darüber hinaus unterliegen im Schüttgut bewegte Rühr- und Einblaswerkzeuge einem hohen Verschleiß. Dies bewirkt einen zusätzlich erhöhten Wartungsaufwand und verhältnismäßig hohe Betriebskosten.

[0021] Zur Vermeidung von Staubaufwirbelung wird der Strom des Gasgemischs beim erfindungsgemäßen Verfahren so geführt, dass er das Schüttgut, insbesondere im Bereich der Überleitung auf die zweite Reaktionsfläche nicht kreuzt oder durchströmt oder er durch das Leitungsmittel dem Schüttgut entgegen strömt. Weiterhin ist es zur Vermeidung von Staubaufwirbelung vorteilhaft, wenn das zweite Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel unabhängig von einem Mittel zum Beaufschlagen des Schüttguts mit dem Gasgemisch ist.

[0022] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird

dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert, dass ein Strom des Gasgemischs das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel bewegende Schüttgut kreuzt oder durchströmt, dass das Leitungsmittel zumindest teilweise in Form eines Kanals, einer Rinne oder einer zumindest einseitig durch eine erste Schutzwand begrenzte erste Rutschfläche ausgebildet ist. Da das Gasgemisch nach dem Kontakt mit dem Schüttgut üblicherweise im Reaktionsraum an den Reaktionsflächen innen oder außen vorbei nach oben strömt, kann das zumindest teilweise in Form einer Rinne oder einer zumindest einseitig durch die erste Schutzwand begrenzte erste Rutschfläche ausgebildete Leitungsmittel einen Schutz des auf dem oder durch das Leitungsmittel übergeleiteten Schüttguts gegenüber dem Strom des Gasgemischs von unten und zumindest von der Seite der ersten Schutzwand her bieten. Dieser Schutz reicht aus, um vollständig oder zumindest im Wesentlichen zu verhindern, dass ein Strom des Gasgemischs das Schüttgut kreuzt oder durchströmt.

[0023] Alternativ ist es auch möglich, dass dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömen kann, dass das Leitungsmittel einen für das Schüttgut in der Bewegungsrichtung passierbaren Schließmechanismus oder Schleusenmechanismus aufweist, welcher für das Gasgemisch entgegen der Bewegungsrichtung nicht oder im Wesentlichen nicht passierbar ist. Der Schließmechanismus kann beispielsweise eine Klappe umfassen, welche sich unter dem Gewicht des Schüttguts öffnet oder durch eine aktive Steuerung oder Betätigung geöffnet wird, um das Schüttgut hindurch zu lassen und die sich danach wieder schließt oder durch aktive Steuerung oder Betätigung geschlossen wird und so vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert, dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömen kann.

[0024] Der Schleusenmechanismus kann eine Zellenradschleuse umfassen. Zellenradschleusen sind im Stand der Technik in einer Vielzahl von Ausgestaltungen bekannt.

[0025] Alternativ kann das Strömen des Gasgemischs durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts auch dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert werden, dass das Leitungsmittel so ausgestaltet ist, dass es von einem im Leitungsmittel verbleibenden Teil des Schüttguts verschlossen wird. Dazu ist das Leitungsmittel als Kanal ausgestaltet, welcher bei bestimmungsgemäßem Gebrauch bzw. bestimmungsgemäßer Anordnung ein oberes und ein unteres Ende aufweist, wobei der Teil des Schüttguts das untere Ende verschließt, und das Schüttgut am unteren Ende durch das zweite Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel nur in einer solchen Menge auf die zweite Reaktionsfläche abtransportiert wird, dass genug Schüttgut im Leitungsmittel ver-

bleibt, um vollständig oder zumindest im Wesentlichen zu verhindern, dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömen kann. Der hier und der zuvor genannte Kanal können jeweils in Form eines Rohrs ausgebildet sein.

[0026] Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens ist mindestens eine weitere Reaktionsfläche vorhanden und das Schüttgut wird zwischen den Schritten b) und c) von der zweiten Reaktionsfläche auf die weitere Reaktionsfläche oder eine der weiteren Reaktionsflächen übergeleitet und darauf jeweils mittels eines dritten Ausbreitungs-, Bewegungs- und Durchmischungsmittels ausgebreitet, durchmischt und bewegt und von oben und/oder von einer Seite her mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch so beaufschlagt, dass das Gasgemisch das Schüttgut überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts zu durchströmen. Das Beaufschlagen mit dem sauerstoffhaltigen Gasgemisch und ggf. Wasser kann hier und bei allen anderen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch erfolgen, dass oberhalb der zweiten Reaktionsfläche und, sofern vorhanden, der weiteren Reaktionsfläche oder jeder der weiteren Reaktionsfläche eine Fläche zum Einblasen angeordnet ist, welche Gasaustrittsöffnungen auf ihrer Unterseite, d. h. in Richtung der zweiten Reaktionsfläche oder der weiteren Reaktionsfläche oder jeder der weiteren Reaktionsflächen aufweist. Das Mittel zur Beaufschlagung mit dem Sauerstoff enthaltenen Gasgemisch und ggf. Wasser kann aber auch als Rohr oder Leiste mit Gasaustrittsöffnungen in Richtung des jeweiligen Schüttguts ausgebildet sein und kann so ausgestaltet sein, dass es zur Beaufschlagung des Schüttguts mit dem Gasgemisch über das Schüttgut hinweg bewegt wird, beispielsweise in einer Kreisbewegung.

[0027] Das Überleiten auf die weitere Reaktionsfläche kann durch das Überleitungsmittel erfolgen, welches, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines Schutzschilds, einer Überleitungsrinne, einer zumindest einseitig durch eine zweite Schutzwand begrenzte zweite Rutschfläche oder eines Überleitungskanals, so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs verwirbelt zu werden. Bei Schritt b) wird das Schüttgut zum Überleitungsmittel hin und optional in das Überleitungsmittel hinein und auf mindestens einer, insbesondere vom Schüttgut zuletzt durchlaufenen, der weiteren Reaktionsflächen zum Ausleitmittel hin und optional in das Ausleitmittel hinein bewegt. Der Überleitungskanal kann in Form eines Rohrs ausgebildet sein.

[0028] Es ist auch möglich, dass eine Mehrzahl weiterer Reaktionsflächen vorhanden ist, wobei eine Überleitung zwischen den weiteren Reaktionsflächen jeweils durch ein weiteres Überleitungsmittel erfolgt, welches, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines weiteren Schutzschilds, einer weiteren Überleitungsrinne, einer zumindest einseitig durch eine dritte Schutzwand begrenzte dritte Rutschfläche oder eines weiteren

Überleitungskanals, so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs verwirbelt zu werden. Das Schüttgut wird dabei jeweils vom dritten Ausbreitungs-, Bewegungs- und Durchmischungsmittel jeweils zum weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das weitere Überleitungsmittel hinein bewegt. Dabei ist es möglich, dass das Schüttgut nur auf der vom Schüttgut zuletzt durchlaufenen der weiteren Reaktionsflächen zum Ausleitmittel hin und optional in das Ausleitmittel hinein bewegt wird. Der weitere Überleitungskanal kann ebenfalls in Form eines Rohrs ausgebildet sein.

[0029] Es ist auch möglich, dass mindestens eine Abkühlfläche vorhanden ist und das Schüttgut vor Schritt c) von der zweiten Reaktionsfläche oder der weiteren Reaktionsfläche oder einer der weiteren Reaktionsflächen auf die Abkühlfläche oder eine der Abkühlflächen übergeleitet und darauf mittels eines vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels ausgebreitet, durchmischt und bewegt und von oben und/oder einer Seite her mit dem Gasgemisch oder einem weiteren Gasgemisch so beaufschlagt wird, dass das Gasgemisch oder das weitere Gasgemisch das Schüttgut überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts zu durchströmen. Das Gasgemisch oder das weitere Gasgemisch weist dabei eine geringere Temperatur als das damit beaufschlagte Schüttgut auf, wobei das Überleiten auf die Abkühlfläche und ggf. von einer der Abkühlflächen auf eine weitere der Abkühlflächen jeweils durch ein zusätzliches weiteres Überleitungsmittel erfolgt, welches so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs oder des weiteren Gasgemischs verwirbelt zu werden. Dabei wird das Schüttgut bei Schritt b) oder, sofern vorhanden, auf der weiteren Reaktionsfläche oder auf der einen der weiteren Reaktionsflächen statt zum Ausleitmittel hin und optional in das Ausleitmittel hinein zum zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das zusätzliche weitere Überleitungsmittel hinein, und, sofern eine Mehrzahl von Abkühlflächen vorhanden ist, auf mindestens einer der Abkühlflächen zum zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das zusätzliche weitere Überleitungsmittel hinein und/oder auf mindestens einer, insbesondere vom Schüttgut zuletzt durchlaufenen, der Abkühlflächen zum Ausleitmittel hin und optional in das Ausleitmittel hinein bewegt.

[0030] Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die erste, zweite und/oder die mindestens eine weitere Reaktionsfläche und/oder die mindestens eine Abkühlfläche jeweils unabhängig voneinander eine ebene, eine ebene runde, eine ebene kreisrunde, eine ebene vieleckige oder eine zylinderförmige Fläche. Wenn es sich bei der ersten, zweiten und/oder der mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder der mindestens einen Abkühlfläche jeweils um eine ebene, eine ebene runde, eine ebene kreisrunde oder eine ebene vieleckige Fläche handelt, kann das erste, zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durch-

mischungs- und Bewegungsmittel feststehend ausgebildet sein und die erste, zweite und/oder mindestens eine weitere Reaktionsfläche und/oder die mindestens eine Abkühlfläche kann jeweils, insbesondere durch Anordnung auf einer gemeinsamen Welle, drehbar ausgebildet sein und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch bzw. bestimmungsgemäßer Anordnung unter jeweils mindestens einem der ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel hindurch gedreht werden, so dass das auf der Fläche ausgebreitete Schüttgut dadurch ausgebreitet, durchmischt und bewegt wird. Das Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts mittels des ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels bedeutet also nicht zwangsläufig, dass sich dazu das erste, zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel bewegen muss. Es genügt, wenn dazu eine Relativbewegung zwischen der ersten, zweiten und/oder mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder mindestens einen Abkühlfläche einerseits und jeweils dem ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel andererseits erfolgt.

[0031] Ein mit der feststehenden Ausbildung des ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels einhergehender Vorteil besteht in einem geringeren Wartungsaufwand dafür. Ein weiterer Vorteil besteht in einer Möglichkeit, das Leitungsmittel, Überleitungsmittel, weitere Überleitungsmittel, zusätzliche weitere Überleitungsmittel und/oder Ausleitmittel ebenfalls feststehend und insbesondere nur an einer Stelle des Umfangs der ersten, zweiten und/oder mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder mindestens einen Abkühlfläche anzuordnen. Das Leitungsmittel, Überleitungsmittel, weitere Überleitungsmittel, zusätzliche weitere Überleitungsmittel und/oder Ausleitmittel lässt sich damit jeweils verhältnismäßig einfach gestalten. Ein außenseitig jeweils an der ersten, zweiten und/oder mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder mindestens einen Abkühlfläche feststehend nur an einer Stelle angeordnetes Leitungsmittel, Überleitungsmittel, weiteres Überleitungsmittel, zusätzliches weiteres Überleitungsmittel und/oder Ausleitmittel ermöglicht es, dass das Gasgemisch verhältnismäßig ungehindert nach außen und außenseitig jeweils an der ersten, zweiten und/oder mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder mindestens einen Abkühlfläche nahezu an deren gesamten Umfang verhältnismäßig ungehindert vorbeiströmen kann.

[0032] Alternativ kann auch die Fläche, d. h. die erste, zweite und/oder mindestens eine weitere Reaktionsfläche und/oder die mindestens eine Abkühlfläche, feststehend ausgebildet sein und über jeder der Flächen kann jeweils mindestens ein erstes, zweites, drittes und/oder viertes Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel, insbesondere durch Anordnung sämtlicher der ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbrei-

tungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel auf einer gemeinsamen Welle, drehbar angeordnet sein und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch bzw. bestimmungsgemäßer Anordnung über jeder der Flächen gedreht werden, so dass das Schüttgut auf der jeweiligen Fläche dadurch ausgebreitet, durchmischt und bewegt wird.

[0033] Bei dem gesamten Verfahren kann das Schüttgut auf sämtlichen der vorhandenen Flächen, d. h. der ersten, zweiten und/oder mindestens einen weiteren Reaktionsfläche und/oder mindestens einen Abkühlfläche, jeweils abwechselnd konzentrisch von außen nach innen und von innen nach außen bzw. von innen nach außen und von außen nach innen bewegt werden.

[0034] Das Ausleitmittel kann, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines zusätzlichen weiteren Schutzschields, einer Ausleitrinne, einer zumindest einseitig durch eine vierte Schutzwand begrenzte Ausleitrutschfläche oder eines Ausleitkanals, so ausgebildet sein, dass es das Schüttgut beim Ausbringen davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs oder des weiteren Gasgemischs verwirbelt zu werden. Das Ausleitmittel kann zum Abtransport beispielsweise auch eine Fördereinrichtung, wie z. B. einer Förderschnecke, umfassen. Der Ausleitkanal kann in Form eines Rohrs ausgebildet sein.

[0035] Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens sind die erste Reaktionsfläche und die zweite Reaktionsfläche und, sofern vorhanden, die mindestens eine weitere Reaktionsfläche und, sofern vorhanden, die mindestens eine Abkühlfläche gemeinsam in dem Reaktionsraum angeordnet.

[0036] Bei Schritt a) kann das Schüttgut zumindest teilweise durch eine Brennkammer von oben erhitzt werden, welche zumindest teilweise mit bei der Pyrolyse und/oder bei der partiellen Oxidation entstehendem Gas gespeist wird. Dadurch kann das Verfahren eine autotherme Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts ermöglichen. Bei einer autothermen Pyrolyse muss eine zur Durchführung der Pyrolyse erforderliche Energie nicht von außen durch eine Heizvorrichtung zugeführt werden, sondern entsteht durch teilweise Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts bzw. des daraus entstandenen Gases. Lediglich um das Verfahren in Gang zu bringen und die Pyrolyse einzuleiten, ist es erforderlich, Energie von außen zuzuführen. Weitere Heizvorrichtungen, insbesondere in den Wandungen des Reaktionsraums oder des weiteren Reaktionsraums sind nicht erforderlich.

[0037] Bei einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens ist/sind das erste, zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel jeweils unabhängig voneinander als Rechen ausgebildet. Das zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel kann jeweils unabhängig voneinander ausschließlich dem Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts und damit nicht der Beaufschlagung mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch oder dem weiteren Gasgemisch die-

nen. Durch die Entkopplung von einem Mittel zur Beaufschlagung mit dem Sauerstoff enthaltenen Gasgemisch oder dem weiteren Gasgemisch von dem zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel kann die Aufwirbelung von Staub vermieden bzw. weiter vermindert werden.

[0038] Das Verfahren kann so durchgeführt werden, dass die Temperatur, auf die das Schüttgut bei Schritt a) von oben erhitzt wird, 850 °C, insbesondere 800 °C, nicht überschreitet. Das Beaufschlagen mit dem Sauerstoff enthaltenen Gasgemisch kann in Abhängigkeit von bei der Oxidation oder partiellen Oxidationen in dem Schüttgut erreichten Temperatur so geregelt werden, dass dabei eine Temperatur von 850 °C, insbesondere eine Temperatur von 800 °C, nicht überschritten wird. Das Beaufschlagen mit dem Sauerstoff enthaltenen Gasgemisch kann beim Vorliegen mindestens einer weiteren Reaktionsfläche jeweils unabhängig für das Schüttgut auf der zweiten und der weiteren Reaktionsfläche oder für das Schüttgut auf der zweiten und jeder der weiteren Reaktionsflächen in Abhängigkeit von der bei der Oxidation oder partiellen Oxidation in dem Schüttgut jeweils erreichten Temperatur so geregelt werden, dass dabei eine Temperatur von 850 °C, insbesondere 800 °C nicht überschritten wird.

[0039] Früher wurde einem zu verbrennenden schwefelhaltigen Feststoff zur Entschwefelung des entstehenden Verbrennungsgases häufig Kalk, d. h. Calciumcarbonat und/oder Calciumoxid, beigemischt. Davon wurde jedoch später abgesehen, weil der entstehende Gips mit dem entstehenden Staub ins Abgas gelangte und dann die abgasführenden Leitungen beschlagen oder sogar zugesetzt hat. Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann das Schüttgut jedoch vor oder bei Durchführung des Schritts a) oder des Schritts b) mit pulverförmigen Kalk vermischt werden, ohne die genannten Probleme zu verursachen, weil entstehender Gips durch die zumindest weitgehende Verhinderung der Staubbildung nicht oder zumindest nicht in wesentlicher Menge ins Abgas gelangt und dadurch auch nicht die abgasführenden Leitungen beschlagen oder wesentlich beschlagen oder zusetzen kann.

[0040] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung gemäß Anspruch 15 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Anspruch 1.

[0041] Das mindestens eine Heizmittel kann beispielsweise ein Gasbrenner sein, der bei Beginn der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit von außen zugeführtem Gas und später mit bei dem Verfahren durch die Pyrolyse entstehendem Gas und ggf. Oxidationsgas, welches bei unvollständiger Oxidation des Schüttguts entsteht, betrieben werden kann. Das Heizmittel umfasst dabei auch eine Luftzufuhr und eine Verbrennungsgasabfuhr. Es ist auch möglich zwei unabhängige Heizmittel vorzusehen, nämlich ein erstes für die anfängliche Beheizung, um die Pyrolyse in Gang zu setzen und ein zweites, welches mit dem durch die Pyrolyse entstehenden Gas und dem genannten Oxidationsgas

betrieben wird. Das erste Heizmittel um das Verfahren in Gang zu setzen, kann z. B. eine Elektroheizung sein.

[0042] Die Überleitung des Schüttguts durch das Leitungsmittel kann allein durch die Schwerkraft oder durch eine aktive Förderung oder einen aktiver Fördermechanismus, beispielsweise mittels einer Förderschnecke, erfolgen.

[0043] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten alternativen erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0044] Das Schüttgut 10 wird im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 über die Zuführvorrichtung 11 mittels der darin enthaltenen Förderschnecke 9 in den Reaktionsraum 12 des Reaktors 14 eingebracht und dabei auf der ersten Reaktionsfläche 16 aufgebracht. Dort wird es mittels des Rechens 28 ausgebreitet bzw. verteilt und durchmischt und zum Leitungsmittel 17 hin und in das Leitungsmittel 17 hinein bewegt. Das Leitungsmittel 17 ist rohrförmig ausgebildet. In das Leitungsmittel 17 hineinfallendes Schüttgut 10 gelangt durch das Leitungsmittel 17 auf die zweite Reaktionsfläche 18 und wird dort von dem Rechen 28 ausgebreitet, durchmischt und nach außen bewegt. Während das Schüttgut 10 sich auf der ersten Reaktionsfläche 16 befindet und mittels des Rechens 28 durchmischt wird, wird es gleichzeitig von oben mittels eines hier nicht dargestellten Heizmittels auf eine für eine Pyrolyse des in dem Schüttgut 10 enthaltenen organischen Anteils ausreichende Temperatur erhitzt. Das für die Verbrennung in dem Heizmittel erforderliche sauerstoffhaltige Gasgemisch 20 wird von außen zugeführt. Das dabei entstehende Verbrennungsgas 23 wird nach außen abgeleitet.

[0045] In das Leitungsmittel 17 hineinfallendes Schüttgut 10 gelangt nur so langsam auf die zweite Reaktionsfläche 18, dass in dem Leitungsmittel 17 eine ausreichende Menge des Schüttguts 10 verbleibt, um zumindest im Wesentlichen zu verhindern, dass das über das Gaseinleitungsmittel 21 von oben auf das Schüttgut 10 auf der zweiten Reaktionsfläche 18 aufgeblasene Sauerstoff enthaltende Gasgemisch 20 und daraus entstehendes Oxidationsgas dem Schüttgut 10 in dem Leitungsmittel 17 entgegenströmt. Der an dem Rechen 28 über der zweiten Reaktionsfläche 18 an der Innenseite vorhandene Schaber 25 dient dazu, das von dem Leitungsmittel 17 auf die zweite Reaktionsfläche 18 gelangte Schüttgut 10 vom Bereich des Aufkommens auf der zweiten Reaktionsfläche 18 nach außen zu schieben, so dass es dort mittels des Rechens 28 ausgebreitet, durchmischt und

nach außen zum Überleitungsmittel 24 hin bewegt wird. Sobald es dort an den Schaber 25 gelangt, wird es von der zweiten Reaktionsfläche 18 heruntergestreift und fällt, vor einem Gasstrom durch das, beispielsweise als Schutzblech ausgebildete, Schutzschild 26 geschützt, auf die weitere Reaktionsfläche 19. Der an dem Rechen 28 über der weiteren Reaktionsfläche 19 angeordnete Schaber 25 dient dazu, das auf die weitere Reaktionsfläche 19 gelangte Schüttgut 10 vom Bereich des Aufkommens nach innen zu schieben, so dass es dort mittels des Rechens 28 ausgebreitet, durchmischt und zum Ausleitmittel 22 hin und in das Ausleitmittel 22 hinein bewegt wird. Dies erfolgt, indem das Schüttgut, sobald es den Schaber 25 erreicht, von der weiteren Reaktionsfläche 19 heruntergestreift wird und in das Ausleitmittel 22 hineinfällt. Das Ausleitmittel 22 umfasst eine weitere Förderschnecke 29, um das Schüttgut 10 abzutransportieren.

[0046] Die erste 16, zweite 18 und weitere Reaktionsfläche 19 sind allesamt auf der Welle 27 montiert. Eine Drehung der Welle 27 bewirkt eine Drehbewegung der ersten 16, zweiten 18 und weiteren Reaktionsfläche 19 relativ zu den feststehenden Rechen 28, um das Schüttgut 10 auf der ersten Reaktionsfläche 16, der zweiten Reaktionsfläche 18 und der weiteren Reaktionsfläche 19 auszubreiten, zu durchmischen und zu bewegen. Wie die Rechen 28 sind auch die Schaber 25 feststehend ausgebildet.

[0047] Das Schüttgut 10 auf der zweiten Reaktionsfläche 18 und der weiteren Reaktionsfläche 19 wird von oben mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch 20 aus den Gaseinleitungsmitteln 21 so leicht angeblasen, dass dadurch einerseits keine Staubaufwirbelung entsteht, andererseits jedoch durch das gleichzeitig erfolgende Durchmischen genug Schüttgut 10 mit dem Gasgemisch 20 in Kontakt kommt, um eine ausreichende Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts 10 zu bewirken.

[0048] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird durch das Leitungsmittel 17, das Überleitungsmittel 24 und das relativ sanfte Beaufschlagen des Schüttguts 10 mit dem Gasgemisch 20 von oben bewirkt, dass es nicht dazu kommt, dass das staubförmige Schüttgut oder der staubförmige Anteil des Schüttguts mit dem Gasgemisch 20 mitgerissen wird und dass es nicht zu einer Aufwirbelung oder Verwirbelung des staubförmigen Schüttguts oder des staubförmigen Anteils des Schüttguts kommt. Dadurch wird eine Staubbelastung des Verbrennungsgases 23 vermieden. Gleichzeitig wird durch das Durchmischen des Schüttguts 10 beim Beaufschlagen mit dem Gasgemisch eine sehr gleichmäßige Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts 10 erreicht.

[0049] Die in Fig. 2 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung nur dadurch, dass das Überleitungsmittel 24 statt des Schutzschildes 26 eine mit einer zweiten Schutzwand 30 ausgestattete zweite Rutschfläche 32 umfasst. Die Bezeichnung als "zweite" Schutzwand 30

bzw. "zweite" Rutschfläche 32 erfolgt lediglich zur Unterscheidung von einer hier nicht vorhandenen ersten Rutschfläche und einer ersten Schutzwand, welche das Leitungsmittel 17 zur Überleitung von der ersten Reaktionsfläche 16 auf die zweite Reaktionsfläche 18 bilden können. Das Überleitungsmittel 24 umfasst auch den Schaber 25, welcher das Schüttgut 10 von der zweiten Reaktionsfläche 18 abstreift, so dass das Schüttgut 10 dadurch auf die zweite Rutschfläche 32 gelangt und auf die weitere Reaktionsfläche 19 geleitet wird. Der an dem Rechen 28 über der weiteren Reaktionsfläche 19 außen angeordnete Schaber 25 dient dazu, das von der zweiten Rutschfläche 32 auf die weitere Reaktionsfläche 19 gelangte Schüttgut 10 vom Bereich des Aufkommens von der zweiten Rutschfläche 32 nach innen zu schieben, so dass es dort mittels des Rechens 28 ausgebreitet, durchmischt und zum Ausleitmittel 22 hin bewegt wird. Die Schaber 25, die Rechen 28 und die zweite Rutschfläche 32 mit der Schutzwand 30 sind jeweils feststehend ausgebildet, während sich die erste 16, zweite 18 und weitere Reaktionsfläche 19 unter den jeweiligen Rechen 28 drehen. Der sonstige Ablauf des Verfahrens entspricht dem für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 dargestellten Ablauf.

Bezugszeichenliste

[0050]

9	Förderschnecke
10	Schüttgut
11	Zuführvorrichtung
12	Reaktionsraum
14	Reaktor
16	erste Reaktionsfläche
17	Leitungsmittel
18	zweite Reaktionsfläche
19	weitere Reaktionsfläche
20	Gasgemisch
21	Gaseinleitungsmittel
22	Ausleitmittel
23	Verbrennungsgas
24	Überleitungsmittel
25	Schaber
26	Schutzschild
27	Welle
28	Rechen
29	weitere Förderschnecke
30	zweite Schutzwand
32	zweite Rutschfläche

Patentansprüche

1. Verfahren zur zumindest partiellen Pyrolyse und zumindest partiellen Oxidation eines organischen Anteils eines staubhaltigen oder staubförmigen Schüttguts (10) zumindest teilweise organischen Ur-

sprungs mit folgenden Schritten:

- a) Einbringen einer Schüttung des Schüttguts (10) in einen Reaktionsraum (12) eines Reaktors (14), wobei das Schüttgut (10) auf einer ersten Reaktionsfläche (16) im Reaktionsraum (12) aufgebracht und mittels eines ersten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels ausgebreitet, durchmischt und zu einem Leitungsmittel (17) hin und optional in das Leitungsmittel (17) hinein bewegt und dabei von oben auf eine Temperatur erhitzt wird, bei der es zu einer vollständigen oder teilweisen Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts (10) kommt, wobei das Schüttgut (10) in einer Bewegungsrichtung auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) auf eine zweite Reaktionsfläche (18) in dem Reaktionsraum (12) oder einem weiteren Reaktionsraum übergeleitet wird,
- b) Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts (10) auf der zweiten Reaktionsfläche (18) mittels eines zweiten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels, wobei das Schüttgut (10) zu einem Ausleitmittel (22) oder Überleitmittel (24) hin und optional in das Ausleitmittel (22) oder Überleitmittel (24) hinein bewegt wird, wobei das Schüttgut (10) mit einem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) in Kontakt gebracht wird, so dass dabei die zumindest partielle Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts (10) erfolgt,
- c) Ausbringen des resultierenden zumindest partiell oxidierten Schüttguts (10) aus dem Reaktionsraum (12) oder dem weiteren Reaktionsraum, durch das Ausleitmittel (22),

dadurch gekennzeichnet, dass das Schüttgut (10) auf der ersten (16) und zweiten Reaktionsfläche (18) jeweils abwechselnd konzentrisch von außen nach innen und von innen nach außen oder von innen nach außen und von außen nach innen bewegt wird und das Schüttgut (10) dadurch mit dem Gasgemisch (20) in Kontakt gebracht wird, dass es von oben her mit dem Gasgemisch (20) so beaufschlagt wird, dass das Gasgemisch (20) das Schüttgut (10) überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts (10) zu durchströmen, wobei die Schüttung so sanft mit dem Gasgemisch (20) beaufschlagt wird, dass sich das Gasgemisch (20) keinen Weg durch die Schüttung sucht und das Schüttgut (10) nicht oder zumindest nicht wesentlich aufgewirbelt wird, wobei im Reaktionsraum oberhalb der ersten Reaktionsfläche (16) eine Gasauslassöffnung angeordnet ist, wobei vollständig oder zumindest im Wesentli-

chen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemischs (20) das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) bewegende Schüttgut (10) kreuzt oder durchströmt, indem das Leitungsmittel (17) zumindest teilweise in Form einer Rinne oder einer zumindest einseitig durch eine erste Schutzwand begrenzte erste Rutschfläche ausgebildet ist

oder

vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömt, indem das Leitungsmittel (17) einen für das Schüttgut (10) in der Bewegungsrichtung passierbaren Schließmechanismus oder Schleusenmechanismus aufweist, welcher für das Gasgemisch (20) entgegen der Bewegungsrichtung nicht oder im Wesentlichen nicht passierbar ist oder dass das Leitungsmittel (17) so ausgestaltet ist, dass es von einem im Leitungsmittel (17) verbleibenden Teil des Schüttguts (10) verschlossen wird, indem das Leitungsmittel (17) als Kanal ausgestaltet ist, welcher bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ein oberes Ende und ein unteres Ende aufweist, wobei der Teil des Schüttguts (10) das untere Ende verschließt, wobei das Schüttgut (10) am unteren Ende durch das zweite Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel nur in einer solchen Menge auf die zweite Reaktionsfläche (18) abtransportiert wird, dass genug Schüttgut (10) im Leitungsmittel (17) verbleibt, um vollständig oder zumindest im Wesentlichen zu verhindern, dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömen kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schließmechanismus eine Klappe umfasst, welche sich unter einem Gewicht des Schüttguts (10) öffnet oder durch eine aktive Steuerung oder Betätigung geöffnet wird, um das Schüttgut (10) hindurch zu lassen und die sich danach wieder schließt oder durch aktive Steuerung oder Betätigung geschlossen wird, und dass der Schleusenmechanismus eine Zellenrad-schleuse umfasst.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine weitere Reaktionsfläche (19) vorhanden ist und das Schüttgut (10) zwischen den Schritten b) und c)

von der zweiten Reaktionsfläche (18) auf die weitere Reaktionsfläche (19) oder eine der weiteren Reaktionsflächen (19) übergeleitet und darauf jeweils mittels eines dritten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels ausgebreitet, durchmischt und bewegt und von oben her mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) so beaufschlagt wird, dass das Gasgemisch (20) das Schüttgut (10) überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts (10) zu durchströmen, wobei das Überleiten auf die weitere Reaktionsfläche (19) durch das Überleitungsmittel (24) erfolgt, welches durch das Vorsehen mindestens eines Schutzschields (26), einer Überleitungsrinne, einer zumindest einseitig durch eine zweite Schutzwand (30) begrenzte zweite Rutschfläche (32) oder eines Überleitungskanals so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut (10) beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs (20) verwirbelt zu werden, wobei das Schüttgut (10) bei Schritt b) zum Überleitungsmittel (24) hin und optional in das Überleitungsmittel (24) hinein und auf mindestens einer, insbesondere vom Schüttgut (10) zuletzt durchlaufenen, der weiteren Reaktionsflächen (19) zum Ausleitmittel (22) hin und optional in das Ausleitmittel (22) hinein bewegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Mehrzahl weiterer Reaktionsflächen (19) vorhanden ist, wobei eine Überleitung zwischen den weiteren Reaktionsflächen (19) jeweils durch ein weiteres Überleitungsmittel erfolgt, welches durch das Vorsehen mindestens eines weiteren Schutzschields, einer weiteren Überleitungsrinne, einer zumindest einseitig durch eine dritte Schutzwand begrenzte dritte Rutschfläche oder eines weiteren Überleitungskanals so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut (10) beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs (20) verwirbelt zu werden, wobei das Schüttgut (10) jeweils zum weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das weitere Überleitungsmittel hinein bewegt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Abkühlfläche vorhanden ist und das Schüttgut (10) vor Schritt c) von der zweiten Reaktionsfläche (18) oder der weiteren Reaktionsfläche (19) oder einer der weiteren Reaktionsflächen (19) auf die Abkühlfläche oder eine der Abkühlflächen übergeleitet und darauf mittels eines vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels ausgebreitet, durchmischt und bewegt und von oben her mit dem Gasgemisch (20) oder einem weiteren Gasgemisch so beaufschlagt wird, dass das Gasgemisch (20) oder das weitere Gasgemisch das Schüttgut (10) überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts (10) zu durchströmen, wobei das Gasgemisch

(20) oder das weitere Gasgemisch eine geringere Temperatur als das damit beaufschlagte Schüttgut (10) aufweist, wobei das Überleiten auf die Abkühlfläche und ggf. von einer der Abkühlflächen auf eine weitere der Abkühlflächen jeweils durch ein zusätzliches weiteres Überleitungsmittel erfolgt, welches so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut (10) beim Überleiten davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs (20) oder des weiteren Gasgemischs verwirbelt zu werden, wobei das Schüttgut (10) bei Schritt b) oder, sofern vorhanden, auf der weiteren Reaktionsfläche (19) oder auf der einen der weiteren Reaktionsflächen (19) statt zum Ausleitmittel (22) hin und optional in das Ausleitmittel (22) hinein zum zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das zusätzliche weitere Überleitungsmittel hinein, und, sofern eine Mehrzahl von Abkühlflächen vorhanden ist, auf mindestens einer der Abkühlflächen zum zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und optional in das zusätzliche weitere Überleitungsmittel hinein und/oder auf mindestens einer, insbesondere vom Schüttgut (10) zuletzt durchlaufenen, der Abkühlflächen zum Ausleitmittel (22) hin und optional in das Ausleitmittel (22) hinein bewegt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste (16), zweite (18) und/oder die mindestens eine weitere Reaktionsfläche (19) und/oder die mindestens eine Abkühlfläche jeweils unabhängig voneinander eine ebene, eine ebene runde, eine ebene kreisrunde, eine ebene vieleckige oder eine zylinderförmige Fläche ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die erste (16), zweite (18) und/oder die mindestens eine weitere Reaktionsfläche (19) und/oder die mindestens eine Abkühlfläche jeweils eine ebene, eine ebene runde, eine ebene kreisrunde oder eine ebene vieleckige Fläche ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das erste, zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel feststehend ausgebildet ist und die erste (16), zweite (18) und/oder mindestens eine weitere Reaktionsfläche (19) und/oder die mindestens eine Abkühlfläche jeweils, insbesondere durch Anordnung auf einer gemeinsamen Welle (27), drehbar ausgebildet ist und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch unter jeweils mindestens einem der ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel hindurch gedreht wird, so dass das auf der Fläche ausgebreitete Schüttgut (10) dadurch ausgebreitet, durchmischt und bewegt wird, oder

- die Fläche feststehend ausgebildet ist und über jeder der Flächen jeweils mindestens ein erstes, zweites, drittes und/oder viertes Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel, insbesondere durch Anordnung sämtlicher der ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel auf einer gemeinsamen Welle (27), drehbar angeordnet ist und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch über jeder der Flächen gedreht wird, so dass das Schüttgut (10) auf der jeweiligen Fläche dadurch ausgebreitet, durchmischt und bewegt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausleitmittel (22) durch das Vorsehen mindestens eines zusätzlichen weiteren Schutzschilds, einer Ausleitrinne, einer zumindest einseitig durch eine vierte Schutzwand begrenzte Ausleitrutschfläche oder eines Ausleitkanals so ausgebildet ist, dass es das Schüttgut (10) beim Ausbringen davor schützt, durch eine Strömung des Gasgemischs (20) oder des weiteren Gasgemischs verwirbelt zu werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Reaktionsfläche (16) und die zweite Reaktionsfläche (18) und, sofern vorhanden, die mindestens eine weitere Reaktionsfläche (19) und, sofern vorhanden, die mindestens eine Abkühlfläche gemeinsam in dem Reaktionsraum (12) angeordnet sind.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schüttgut (10) bei Schritt a) zumindest teilweise durch eine Brennkammer von oben erhitzt wird, welche zumindest teilweise mit bei der Pyrolyse und/oder bei der partiellen Oxidation entstehendem Gas gespeist wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste, zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel jeweils unabhängig voneinander als Rechen (28) ausgebildet ist/sind und/oder das zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel jeweils unabhängig voneinander ausschließlich dem Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts (10) und damit nicht der Beaufschlagung mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) oder dem weiteren Gasgemisch dient.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur, auf die das Schüttgut (10) bei Schritt a) von oben erhitzt wird, 850 °C, insbesondere 800 °C, nicht überschritten wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schüttgut (10) vor oder bei Durchführung des Schritts a) oder des Schritts b) mit pulverförmigem Kalk vermischt wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasgemisch (20) Wasser in Form von Dampf oder einem Aerosol enthält oder dass das Schüttgut (10) außer mit dem Gasgemisch (20) mit Wasser in Kontakt gebracht wird.
15. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
- einen Reaktor (14) mit einem Reaktionsraum (12) und optional einem weiteren Reaktionsraum,
 - eine erste Reaktionsfläche (16) im Reaktionsraum (12),
 - mindestens ein Heizmittel, um das Schüttgut (10) von oben zur Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts (10) zu erhitzen,
 - eine zweite Reaktionsfläche (18) im Reaktionsraum (12) oder einem weiteren Reaktionsraum,
 - ein Leitungsmittel (17), um das Schüttgut (10) in einer Bewegungsrichtung auf dem Leitungsmittel (17) oder durch das Leitungsmittel (17) hindurch auf die zweite Reaktionsfläche (18) überzuleiten,
 - ein erstes Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel zum Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen von einer in den Reaktionsraum (12) des Reaktors (14) eingebrachten und auf der ersten Reaktionsfläche (16) eingebrachten Schüttung des Schüttguts (10) und um das Schüttgut (10) auf der ersten Reaktionsfläche (16) zum Leitungsmittel (17) hin und in das Leitungsmittel (17) hinein zu bewegen,
 - ein zweites Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel zum Ausbreiten, Durch-

mischen und Bewegen des Schüttguts (10) auf der zweiten Reaktionsfläche (18) und um das Schüttgut (10) auf der zweiten Reaktionsfläche (18) zu einem Ausleitmittel (22), einem optional vorhandenen Überleitungsmittel (24) oder einem optional vorhandenen zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und in dieses hinein zu bewegen und

- ein Gaseinleitungsmittel (21), um ein Sauerstoff enthaltendes Gasgemisch (20) in den Reaktionsraum (12) oder den weiteren Reaktionsraum einzuleiten, um das Schüttgut (10) mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) in Kontakt zu bringen,

dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinleitungsmittel (21) so ausgebildet ist, dass das Schüttgut (10) dadurch von oben her mit dem Gasgemisch (20) so sanft beaufschlagt werden kann, dass das Gasgemisch (20) das Schüttgut (10) überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts (10) zu durchströmen und ohne das Schüttgut (10) aufzuwirbeln oder zumindest ohne es wesentlich aufzuwirbeln, indem oberhalb der zweiten Reaktionsfläche (18) eine Fläche zum Einblasen angeordnet ist, welche Gasaustrittsöffnungen auf ihrer Unterseite in Richtung der zweiten Reaktionsfläche (18) aufweist oder indem das Gaseinleitungsmittel (21) als Rohr oder Leiste mit Gasaustrittsöffnungen in Richtung der zweiten Reaktionsfläche (18) ausgebildet ist, wobei das Leitungsmittel (17) so ausgebildet ist, dass dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird,

dass ein Strom des Gasgemischs (20) das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) bewegende Schüttgut (10) kreuzen oder durchströmen kann, indem das Leitungsmittel (17) zumindest teilweise in Form einer Rinne oder einer zumindest einseitig durch eine erste Schutzwand begrenzte erste Rutschfläche ausgebildet ist

oder

dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömen kann, indem das Leitungsmittel (17) einen für das Schüttgut (10) in der Bewegungsrichtung passierbaren Schließmechanismus oder Schleusenmechanismus aufweist, welcher für das Gasgemisch (20) entgegen der Bewegungsrichtung nicht oder im Wesentlichen nicht passierbar ist.

Claims

1. A process for an at least partial pyrolysis and at least partial oxidation of an organic fraction of a powder-containing or powdered bulk material (10) of at least

partially organic origin, comprising the following steps:

a) introducing a fill of the bulk material (10) into a reaction chamber (12) of a reactor (14), wherein the bulk material (10) is applied on a first reaction surface (16) in the reaction chamber (12) and, by means of a first spreading, mixing and moving means, is spread, mixed and moved toward a conduit means (17) and optionally into the conduit means (17) and thereby is heated from the top to a temperature at which a complete or partial pyrolysis of the organic fraction of the bulk material (10) occurs, wherein the bulk material (10) is transferred in a direction of movement on or through the conduit means (17) onto a second reaction surface (18) in the reaction chamber (12) or in an additional reaction chamber,

b) spreading, mixing and moving the bulk material (10) on the second reaction surface (18) by means of a second spreading, mixing and moving means, wherein the bulk material (10) is moved toward a discharge means (22) or a transfer means (24) and optionally into the discharge means (22) or transfer means (24), wherein the bulk material (10) is brought in contact with an oxygen-containing gas mixture (20), so that thereby the at least partial oxidation of the organic fraction of the bulk material (10) occurs,

c) diverting the resulting at least partially oxidised bulk material (10) from the reaction chamber (12) or the additional reaction chamber through the discharge means (22),

characterised in that the bulk material (10) is moved on the first (16) and second reaction surface (18) in each case alternately concentrically from outside to inside and from inside to outside, or from inside to outside and from outside to inside, and the bulk material (10) is brought in contact with the gas mixture (20), **in that** the gas mixture (20) is applied from the top to said bulk material (10) so that the gas mixture (20) flows over the bulk material (10), without flowing through the fill of the bulk material (10), wherein the gas mixture (20) is applied to the fill sufficiently gently so that the gas mixture (20) does not seek a path through the fill and the bulk material (10) is not or at least is not substantially stirred up, wherein a gas outlet opening is arranged in the reaction chamber above the first reaction surface (16), wherein

it is completely or at least substantially prevented that a flow of the gas mixture (20)

- crosses or flows through the bulk material (10) moving on or through the conduit means (17), **in that** the conduit means (17) is at least partially designed in the form of a gutter or of a first sliding surface limited at least on one side by a first protective wall or it is completely or at least substantially prevented that the gas mixture (20) flows through the conduit means (17) against the direction of movement of the bulk material (10), **in that** the conduit means (17) comprises a closing mechanism or a sluice mechanism which can be passed by the bulk material (10) in the direction of movement, which is not passable or substantially not passable for the gas mixture (20) against the direction of movement or **in that** the conduit means (17) is designed so that it is closed by a portion of the bulk material (10) remaining in the conduit means (17), **in that** the conduit means (17) is designed as a channel which, in its intended use, comprises an upper end and a lower end, wherein the portion of the bulk material (10) closes the lower end, wherein the bulk material (10) at the lower end is transported away by the second spreading, mixing and moving means onto the second reaction surface (18) only in a quantity such that sufficient bulk material (10) remains in the conduit means (17) in order to completely or at least substantially prevent that the gas mixture (20) is able to flow through the conduit means (17) against the direction of movement of the bulk material (10).
2. The process according to claim 1, **characterised in that** the closing mechanism includes a flap which opens under a weight of the bulk material (10) or which is opened by an active control or actuation, in order to allow the bulk material (10) to pass through and which subsequently closes again or is closed by active control or actuation, and **in that** the sluice mechanism includes a cellular wheel sluice.
 3. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least one additional reaction surface (19) is present, and the bulk material (10) between steps b) and c) is transferred from the second reaction surface (18) onto the additional reaction surface (19) or one of the additional reaction surfaces (19) and is spread, mixed and moved thereon in each case by means of a third spreading, mixing and moving means, and the oxygen-containing gas mixture (20) is applied from the top to said bulk material (10), so that the gas mixture (20) flows over the bulk material (10) without flowing through the fill of the bulk material (10), wherein the transfer onto the additional reaction surface (19) occurs via the transfer means (24) which, by the provision of at least one protective shield (26), of a transfer gutter, of a second sliding surface (32) limited on at least one side by a second protective wall (30) or of a transfer channel, is designed so that it protects the bulk material (10) during the transfer from being stirred up by a flow of the gas mixture (20), wherein the bulk material (10) in step b) is moved toward the transfer means (24) and optionally into the transfer means (24) and, on at least one of the additional reaction surfaces (19), in particular that through which the bulk material (10) passed last, toward the discharge means (22) and optionally into the discharge means (22).
 4. The process according to claim 3, **characterised in that** a plurality of additional reaction surfaces (19) is present, wherein a transfer between the additional reaction surfaces (19) in each case occurs by an additional transfer means which, by the provision of at least one additional protective shield, of an additional transfer gutter, of a third sliding surface limited on at least one side by a third protective wall or of an additional transfer channel, is designed so that it protects the bulk material (10) during the transfer from being stirred up by a flow of the gas mixture (20), wherein the bulk material (10) is moved in each case toward the additional transfer means and optionally into the additional transfer means.
 5. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least one cooling surface is present, and the bulk material (10) before step c) is transferred from the second reaction surface (18) or from the additional reaction surface (19) or from one of the additional reaction surfaces (19) onto the cooling surface or one of the cooling surfaces, and, by means of a fourth spreading, mixing and moving means, is spread, mixed and moved thereon and the gas mixture (20) or an additional gas mixture is applied from the top to said bulk material (10), so that the gas mixture (20) or the additional gas mixture flows over the bulk material (10) without flowing through the fill of the bulk material (10), wherein the gas mixture (20) or the additional gas mixture has a lower temperature than the bulk material (10) to which said gas mixture is applied, wherein the transfer onto the cooling surface or if applicable from one of the cooling surfaces onto another of the cooling surfaces occurs in each case by another additional transfer means which is designed so that it protects the bulk material (10) during the transfer from being stirred up by a flow of the gas mixture (20) or of the additional gas mixture, wherein

the bulk material (10) in step b), or to the extent present, on the additional reaction surface (19) or on one of the additional reaction surfaces (19), is moved toward the other additional transfer means and optionally into the other additional transfer means rather than toward the discharge means (22) and optionally into the discharge means (22), and, to the extent that a plurality of cooling surfaces is present, is moved on at least one of the cooling surfaces toward the other additional transfer means and optionally into the other additional transfer means and/or is moved on at least one of the cooling surfaces, in particular that through which the bulk material (10) passed last, toward the discharge means (22) and optionally into the discharge means (22).

6. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first (16), the second (18) and/or the at least one additional reaction surface (19) and/or the at least one cooling surface in each case independently of one another is/are a flat, a flat round, a flat circular, a flat polygonal or a cylindrical surface.

7. The process according to claim 6, wherein the first (16), the second (18) and/or the at least one additional reaction surface (19) and/or the at least one cooling surface in each case is/are a flat, a flat round, a flat circular or a flat polygonal surface, **characterised in that**

the first, second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means is/are designed to be fixed, and the first (16), the second (18) and/or the at least one additional reaction surface (19) and/or the at least one cooling surface in each case, in particular by arrangement on a common shaft (27), is/are designed to be rotatable and in the intended use is/are rotated in each case underneath at least one of the first, second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means, so that the bulk material (10) spread on the surface is thereby spread, mixed and moved, or

the surface is designed to be fixed and, above each of the surfaces, in each case at least one first, second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means is/are rotatably arranged, in particular by an arrangement of all of the first, second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means on a common shaft (27), and, in the intended use, is rotated above each of the surfaces, so that the bulk material (10) on the respective surface is thereby spread, mixed and moved.

8. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the discharge means

(22), by the provision of at least one other additional protective shield, of a discharge gutter, of a discharge sliding surface limited on at least one side by a fourth protective wall or of a discharge channel, is designed so that it protects the bulk material (10) from being stirred up by a flow of the gas mixture (20) or of the additional gas mixture during the diverting.

9. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first reaction surface (16) and the second reaction surface (18) and, to the extent present, the at least one additional reaction surface (19) and, to the extent present, the at least one cooling surface are arranged jointly in the reaction chamber (12).

10. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the bulk material (10) in step a) is at least partially heated from the top by a combustion chamber which is fed at least partially with gas generated during the pyrolysis and/or during the partial oxidation.

11. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first, second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means is/are in each case designed independently of one another as grate (28), and/or the second, third and/or fourth spreading, mixing and moving means independently of one another is/are used exclusively for spreading, mixing and moving the bulk material (10) and therefore not for applying of the oxygen-containing gas mixture (20) or the additional gas mixture.

12. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the temperature to which the bulk material (10) is heated from the top in step a) does not exceed 850 °C, in particular 800 °C, and/or the application of the oxygen-containing gas mixture (20), in particular in the case of the presence of at least one additional reaction surface (19), is regulated in each case independently for the bulk material (10) on the second reaction surface (18) and on the additional reaction surface (19) or for the bulk material (10) on the second reaction surface (18) and on each of the additional reaction surfaces (19), as a function of the temperature reached during the oxidation or partial oxidation in the bulk material (10), in particular in each case, so that thereby a temperature of 850 °C, in particular a temperature of 800 °C, is not exceeded.

13. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the bulk material (10) before or during the performance of step a) or of step b) is mixed with powdered lime.

14. The process according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the gas mixture (20) contains water in the form of steam or of an aerosol or **in that** the bulk material (10), besides being brought in contact with the gas mixture (20), is brought in contact with water.

15. A device for carrying out a process according to any one of the preceding claims, including

- a reactor (14) with a reaction chamber (12) and optionally with an additional reaction chamber,
- a first reaction surface (16) in the reaction chamber (12),
- at least one heating means for heating the bulk material (10) from the top for the pyrolysis of the organic fraction of the bulk material (10),
- a second reaction surface (18) in the reaction chamber (12) or in an additional reaction chamber,
- a conduit means (17) for transferring the bulk material (10) in a direction of movement on the conduit means (17) or through the conduit means (17) onto the second reaction surface (18),
- a first spreading, mixing and moving means for spreading, mixing and moving a fill of the bulk material (10) introduced into the reaction chamber (12) of the reactor (14) and applied on the first reaction surface (16) and for moving the bulk material (10) on the first reaction surface (16) toward the conduit means (17) and into the conduit means (17),
- a second spreading, mixing and moving means for spreading, mixing and moving the bulk material (10) on the second reaction surface (18) and for moving the bulk material (10) on the second reaction surface (18) toward a discharge means (22), toward an optionally present transfer means (24) or toward an optionally present other additional transfer means and into it, and
- a gas introduction means (21) for introducing an oxygen-containing gas mixture (20) into the reaction chamber (12) or into the additional reaction chamber, in order to bring the bulk material (10) in contact with the oxygen-containing gas mixture (20),

characterised in that the gas introduction means (21) is designed so that the gas mixture (20) can be applied sufficiently gently from the top to the bulk material (10), so that the gas mixture (20) flows over the bulk material (10) without flowing through the fill of the bulk material (10) and without stirring up the bulk material (10) or at least substantially without stirring it up, **in that**, above the second reaction surface (18), a surface for

blowing in is arranged, which comprises gas outlet openings on its lower side in the direction of the second reaction surface (18), or **in that** the gas introduction means (21) is designed as a tube or bar with gas outlet openings in the direction of the second reaction surface (18), wherein the conduit means (17) is designed so that it is completely or at least substantially prevented that a flow of the gas mixture (20) is able to cross or flow through the bulk material (10) moving on or through the conduit means (17), **in that** the conduit means (17) is designed at least partially in the form of a gutter or of a first sliding surface limited on at least one side by a first protective wall or that the gas mixture (20) is able to flow through the conduit means (17) against the direction of movement of the bulk material (10), **in that** the conduit means (17) has a closing mechanism or sluice mechanism which can be passed by the bulk material (10) in the direction of movement, which is not passable or substantially not passable for the gas mixture (20) against the direction of movement.

Revendications

1. Procédé de pyrolyse au moins partielle et d'oxydation au moins partielle d'une portion organique d'un matériau en vrac (10) contenant de la poussière ou en forme de poussière d'origine au moins partielle-ment organique, avec les étapes suivantes :

- a) introduction d'un déversement du matériau en vrac (10) dans un espace de réaction (12) d'un réacteur (14), dans lequel le matériau en vrac (10) est appliqué sur une première surface de réaction (16) dans l'espace de réaction (12) et disséminé, mélangé et déplacé vers un conduit (17) et en option dans le conduit (17) au moyen d'un premier moyen de dissémination, de mélange et de déplacement, et chauffé en l'occurrence par le haut à une température à laquelle il survient une pyrolyse complète ou partielle de la portion organique du matériau en vrac (10), dans lequel le matériau en vrac (10) est transféré dans une direction de déplacement au ou à travers le conduit (17) sur une deuxième surface de réaction (18) dans l'espace de réaction (12) ou un autre espace de réaction,
- b) dissémination, mélange et déplacement du matériau en vrac (10) sur la deuxième surface de réaction (18) au moyen d'un deuxième moyen de dissémination, de mélange et de dé-

placement, dans lequel le matériau en vrac (10) est déplacé vers un moyen d'évacuation (22) ou moyen de transfert (24) et en option dans le moyen d'évacuation (22) ou moyen de transfert (24), dans lequel le matériau en vrac (10) est amené en contact avec un mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène de sorte que l'oxydation au moins partielle de la portion organique du matériau en vrac (10) s'effectue en l'occurrence, c) enlèvement du matériau en vrac résultant (10) au moins partiellement oxydé de l'espace de réaction (12) ou de l'autre espace de réaction à travers le moyen d'évacuation (22),

caractérisé en ce que le matériau en vrac (10) est déplacé sur la première (16) et deuxième surface de réaction (18) à chaque fois en alternance de manière concentrique de l'extérieur vers l'intérieur et de l'intérieur vers l'extérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur et de l'extérieur vers l'intérieur, et le matériau en vrac (10) est de ce fait amené en contact avec le mélange gazeux (20), qu'il est sollicité par le haut avec le mélange gazeux (20) de sorte que le mélange gazeux (20) submerge le matériau en vrac (10) sans traverser le déversement du matériau en vrac (10), dans lequel le déversement est sollicité avec le mélange gazeux (20) si doucement que le mélange gazeux (20) ne cherche pas de chemin à travers le déversement et le matériau en vrac (10) n'est pas ou au moins pas essentiellement soulevé en tourbillons, dans lequel une ouverture de sortie de gaz est disposée dans l'espace de réaction au-dessus de la première surface de réaction (16), dans lequel il est entièrement ou au moins essentiellement empêché qu'un courant du mélange gazeux (20) ne croise ou traverse le matériau en vrac (10) se déplaçant sur ou à travers le conduit (17) **en ce que** le conduit (17) est réalisé au moins partiellement sous forme d'une rigole ou d'une première surface de glissement limitée au moins d'un côté par une première paroi protectrice ou

il est entièrement ou au moins essentiellement empêché que le mélange gazeux (20) ne s'écoule à travers le conduit (17) à l'encontre de la direction de déplacement du matériau en vrac (10) **en ce que** le conduit (17) présente un mécanisme de fermeture ou mécanisme de sas pouvant être passé dans la direction de déplacement pour le matériau en vrac (10), lequel ne peut pas ou essentiellement pas être passé à l'encontre de la direction de déplacement pour le mélange gazeux (20) ou que le conduit (17) est configuré de sorte qu'il est fermé par une partie du matériau en vrac (10) restant dans le conduit (17) **en ce que** le conduit (17) est configuré en tant que canal qui présente lors d'un

usage conforme une extrémité supérieure et une extrémité inférieure, dans lequel la partie du matériau en vrac (10) obture l'extrémité inférieure, dans lequel le matériau en vrac (10) à l'extrémité inférieure n'est transporté par le deuxième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement que dans une quantité telle sur la deuxième surface de réaction (18) que suffisamment de matériau en vrac (10) reste dans le conduit (17) pour empêcher entièrement ou au moins essentiellement que le mélange gazeux (20) ne puisse s'écouler à travers le conduit (17) à l'encontre de la direction de déplacement du matériau en vrac (10).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mécanisme de fermeture comprend un clapet qui s'ouvre sous un poids du matériau en vrac (10) ou est ouvert par une commande ou un actionnement actif(ve) pour laisser passer le matériau en vrac (10) et qui se referme ensuite ou est fermé par la commande ou l'actionnement actif(ve), et **que** le mécanisme de sas comprend une écluse rotative.
3. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une autre surface de réaction (19) est présente, et le matériau en vrac (10) est transféré entre les étapes b) et c) de la deuxième surface de réaction (18) à l'autre surface de réaction (19) ou une des autres surfaces de réaction (19) et sur celle-ci est à chaque fois disséminé, mélangé et déplacé au moyen d'un troisième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement et sollicité par le haut avec le mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène de sorte que le mélange gazeux (20) submerge le matériau en vrac (10) sans traverser le déversement du matériau en vrac (10), dans lequel le transfert s'effectue à l'autre surface de réaction (19) à travers le moyen de transfert (24) qui est réalisé par la prévision d'au moins un bouclier de protection (26), une rigole de transfert, une deuxième surface de glissement (32) limitée au moins d'un côté par une deuxième paroi protectrice (30) ou un canal de transfert de sorte qu'il protège le matériau en vrac (10) lors du transfert du fait d'être tourbillonné par un écoulement du mélange gazeux (20), dans lequel le matériau en vrac (10) est déplacé à l'étape b) vers le moyen de transfert (24) et en option dans le moyen de transfert (24) et sur au moins une des autres surfaces de réactions (19), notamment parcourue en dernier par le matériau en vrac (10), vers le moyen d'évacuation (22) et en option dans le moyen d'évacuation (22).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**une pluralité d'autres surfaces de réaction (19)

est présente, dans lequel un transfert entre les autres surfaces de réaction (19) s'effectue à chaque fois à travers un autre moyen de transfert qui est réalisé par la prévision d'au moins un autre bouclier de protection, une autre rigole de transfert, une troisième surface de glissement limitée au moins d'un côté par une troisième paroi protectrice ou un autre canal de transfert de sorte qu'il protège le matériau en vrac (10) lors du transfert du fait d'être tourbillonné par un écoulement du mélange gazeux (20), dans lequel le matériau en vrac (10) est déplacé à chaque fois vers l'autre moyen de transfert et en option dans l'autre moyen de transfert.

5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une surface de refroidissement est présente et le matériau en vrac (10) est transféré avant l'étape c) de la deuxième surface de réaction (18) ou de l'autre surface de réaction (19) à la surface de refroidissement ou une des surfaces de refroidissement, et sur celle-ci est disséminé, mélangé et déplacé au moyen d'un quatrième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement et sollicité par le haut avec le mélange gazeux (20) ou un autre mélange gazeux de sorte que le mélange gazeux (20) ou l'autre mélange gazeux submerge le matériau en vrac (10) sans traverser le déversement du matériau en vrac (10), dans lequel le mélange gazeux (20) ou l'autre mélange gazeux présente une température inférieure au matériau en vrac (10) sollicité avec celui-ci, dans lequel le transfert à la surface de refroidissement et éventuellement d'une des surfaces de refroidissement à une autre des surfaces de refroidissement s'effectue à chaque fois à travers un autre moyen de transfert supplémentaire qui est réalisé de sorte qu'il protège le matériau en vrac (10) lors du transfert du fait d'être tourbillonné par un écoulement du mélange gazeux (20) ou de l'autre mélange gazeux, dans lequel le matériau en vrac (10) est déplacé à l'étape b) ou, le cas échéant, sur l'autre surface de réaction (19) ou sur la surface en question des autres surfaces de réaction (19) au lieu de vers le moyen d'évacuation (22) et en option dans le moyen d'évacuation (22) vers l'autre moyen de transfert supplémentaire et en option dans l'autre moyen de transfert supplémentaire, et, dans la mesure où une pluralité de surfaces de refroidissement est présente, sur au moins une des surfaces de refroidissement vers l'autre moyen de transfert supplémentaire et en option dans l'autre moyen de transfert supplémentaire et/ou sur au moins une des surfaces de refroidissement, notamment parcourue en dernier par le matériau en vrac (10), vers le moyen d'évacuation (22) et en option dans le moyen d'évacuation (22).

6. Procédé selon une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que la première (16), deuxième (18) et/ou l'au moins une autre surface de réaction (19) et/ou l'au moins une surface de refroidissement est à chaque fois indépendamment l'une de l'autre une surface plane, une surface plane ronde, une surface plane circulaire, une surface plane polygonale ou une surface cylindrique.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la première (16), deuxième (18) et/ou l'au moins une autre surface de réaction (19) et/ou l'au moins une surface de refroidissement est à chaque fois une surface plane, une surface plane ronde, une surface plane circulaire ou une surface plane polygonale, **caractérisé en ce que**

le premier, deuxième, troisième et/ou quatrième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement est réalisé de manière fixe et la première (16), deuxième (18) et/ou l'au moins une autre surface de réaction (19) et/ou l'au moins une surface de refroidissement est réalisée à chaque fois de manière rotative, notamment par agencement sur un arbre commun (27), et est tournée lors d'un usage conforme sous à chaque fois au moins un des premier, deuxième, troisième et/ou quatrième moyens de dissémination, de mélange et de déplacement de sorte que le matériau en vrac (10) disséminé sur la surface est de ce fait disséminé, mélangé et déplacé,

ou

la surface est réalisée de manière fixe, et au moins un premier, deuxième, troisième et/ou quatrième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement est à chaque fois disposé de manière rotative au-dessus de chacune des surfaces, notamment par agencement de l'ensemble des premier, deuxième, troisième et/ou quatrième moyens de dissémination, de mélange et de déplacement sur un arbre commun (27), et est tourné lors d'un usage conforme au-dessus de chacune des surfaces de sorte que le matériau en vrac (10) est de ce fait disséminé, mélangé et déplacé sur la surface respective.

8. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyen d'évacuation (22) est réalisé par la prévision d'au moins un autre bouclier de protection supplémentaire, une rigole d'évacuation, une surface de glissement d'évacuation limitée au moins d'un côté par une quatrième paroi protectrice ou un canal d'évacuation de sorte qu'il protège le matériau en vrac (10) lors de l'enlèvement du fait d'être tourbillonné par un écoulement du mélange gazeux (20) ou de l'autre mélange gazeux.

9. Procédé selon une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que la première surface de réaction (16) et la deuxième surface de réaction (18) et, le cas échéant, l'au moins une autre surface de réaction (19) et, le cas échéant, l'au moins une surface de refroidissement sont disposées ensemble dans l'espace de réaction (12).

10. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau en vrac (10) est chauffé par le haut à l'étape a) au moins partiellement par une chambre de combustion qui est alimentée au moins partiellement avec du gaz apparu lors de la pyrolyse et/ou lors de l'oxydation partielle. 5
11. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier, deuxième, troisième et/ou quatrième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement est/sont réalisé(s) à chaque fois indépendamment l'un de l'autre en tant que grilles de retenue (28) et/ou le deuxième, troisième et/ou quatrième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement sert à chaque fois indépendamment l'un de l'autre exclusivement à la dissémination, au mélange et au déplacement du matériau en vrac (10) et ne sert ainsi pas à la sollicitation avec le mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène ou l'autre mélange gazeux. 10 20 25
12. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température à laquelle le matériau en vrac (10) est chauffé par le haut à l'étape a) ne dépasse pas 850°C, notamment 800°C, et/ou la sollicitation avec le mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène est régulée, notamment lors de la présence d'au moins une autre surface de réaction (19) à chaque fois indépendamment pour le matériau en vrac (10) sur la deuxième surface de réaction (18) et l'autre surface de réaction (19) ou pour le matériau en vrac (10) sur la deuxième surface de réaction (18) et chacune des autres surfaces de réaction (19), en fonction de la température atteinte lors de l'oxydation ou l'oxydation partielle dans le matériau en vrac (10), notamment à chaque fois, de sorte qu'une température de 850°C, notamment une température de 800°C, n'est en l'occurrence pas dépassée. 30 35 40 45
13. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau en vrac (10) est mélangé avec de la chaux pulvérulente avant ou lors de la réalisation de l'étape a) ou de l'étape b). 50
14. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mélange gazeux (20) contient de l'eau sous forme de vapeur ou d'un aérosol ou que le matériau en vrac (10) est amené en contact avec de l'eau, outre avec le mélange gazeux (20). 55
15. Dispositif pour la réalisation d'un procédé selon une

des revendications précédentes, comprenant

- un réacteur (14) avec un espace de réaction (12) et en option un autre espace de réaction,
 - une première surface de réaction (16) dans l'espace de réaction (12),
 - au moins un moyen de chauffage pour chauffer le matériau en vrac (10) par le haut en vue de la pyrolyse de la portion organique du matériau en vrac (10),
 - une deuxième surface de réaction (18) dans l'espace de réaction (12) ou un autre espace de réaction,
 - un conduit (17) pour transférer le matériau en vrac (10) dans une direction de déplacement sur le conduit (17) ou à travers le conduit (17) sur la deuxième surface de réaction (18),
 - un premier moyen de dissémination, de mélange et de déplacement pour la dissémination, le mélange et le déplacement d'un déversement du matériau en vrac (10) introduit dans l'espace de réaction (12) du réacteur (14) et appliqué à la première surface de réaction (16) et pour déplacer le matériau en vrac (10) sur la première surface de réaction (16) vers le conduit (17) et dans le conduit (17),
 - un deuxième moyen de dissémination, de mélange et de déplacement pour la dissémination, le mélange et le déplacement du matériau en vrac (10) sur la deuxième surface de réaction (18) et pour déplacer le matériau en vrac (10) sur la deuxième surface de réaction (18) vers un moyen d'évacuation (22), un moyen de transfert (24) présent en option ou un autre moyen de transfert supplémentaire présent en option et dans celui-ci, et
 - un moyen d'introduction de gaz (21) pour introduire un mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène dans l'espace de réaction (12) ou l'autre espace de réaction pour amener en contact le matériau en vrac (10) avec le mélange gazeux (20) contenant de l'oxygène,
- caractérisé en ce que** le moyen d'introduction de gaz (21) est réalisé de sorte que le matériau en vrac (10) peut de ce fait être sollicité par le haut avec le mélange gazeux (20) si doucement que le mélange gazeux (20) submerge le matériau en vrac (10) sans traverser le déversement du matériau en vrac (10) et sans soulever en tourbillons le matériau en vrac (10) ou au moins sans essentiellement le soulever en tourbillons, **en ce qu'**une surface est disposée au-dessus de la deuxième surface de réaction (18) pour l'alimentation, laquelle présente des ouvertures de sortie de gaz sur son côté inférieur en direction de la deuxième surface de réaction ou **en ce que** le moyen d'introduction de gaz (21) est réalisé en tant tuyau ou rail avec des ouvertures

de sortie de gaz en direction de la deuxième surface de réaction (18), dans lequel le conduit (17) est réalisé de sorte qu'il peut de ce fait être entièrement ou au moins essentiellement empêché

5

qu'un courant du mélange gazeux (20) ne puisse croiser ou traverser le matériau en vrac (10) se déplaçant sur ou à travers le conduit (17) **en ce que** le conduit (17) est réalisé au moins partiellement sous forme d'une rigole ou d'une première surface de glissement limitée au moins d'un côté par une première paroi protectrice ou

10

que le mélange gazeux (20) ne puisse s'écouler à travers le conduit (17) à l'encontre de la direction de déplacement du matériau en vrac (10) **en ce que** le conduit (17) présente un mécanisme de fermeture ou mécanisme de sas pouvant être passé dans la direction de déplacement pour le matériau en vrac (10), lequel ne peut pas ou essentiellement pas être passé à l'encontre de la direction de déplacement pour le mélange gazeux (20).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

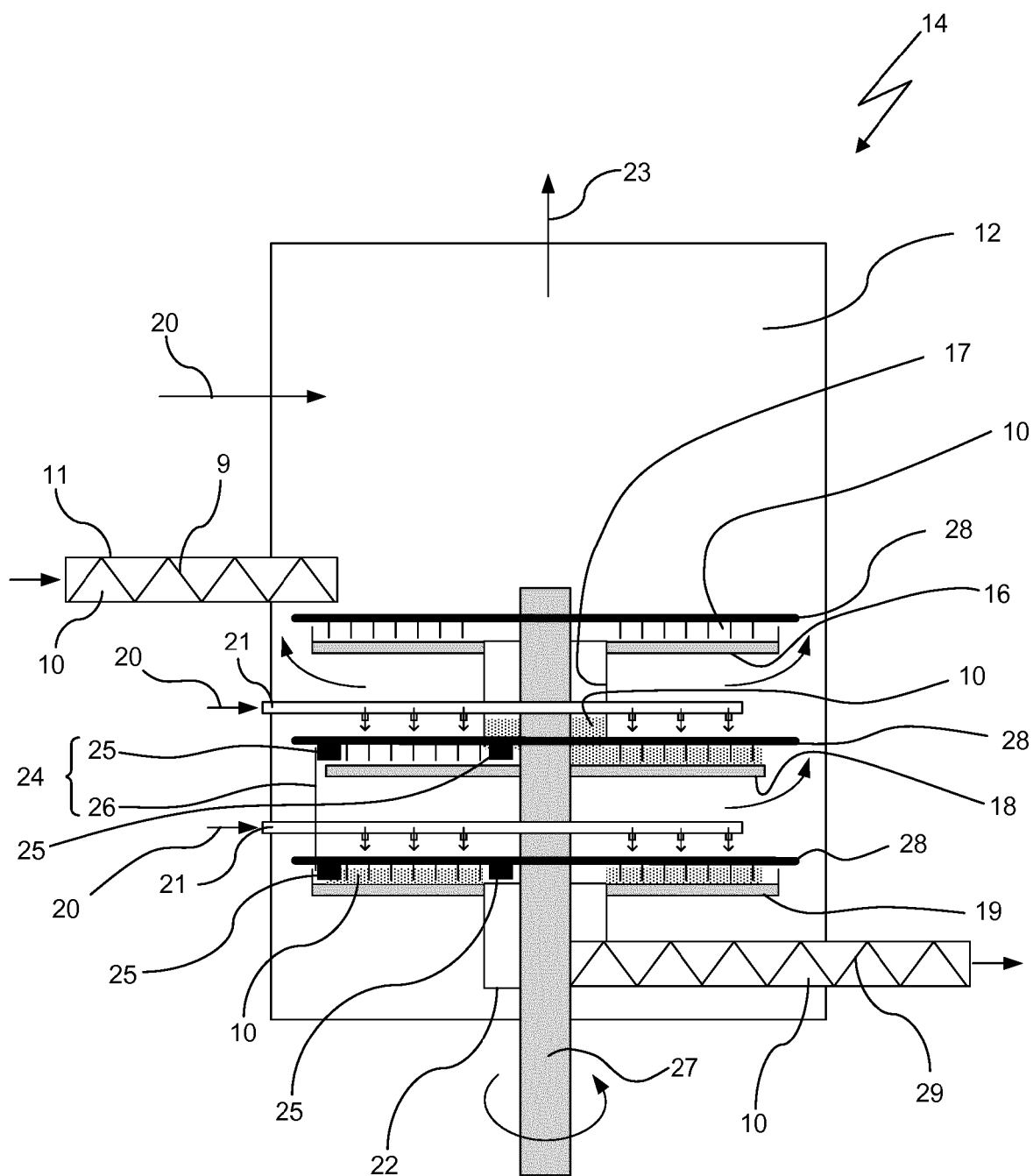


Fig. 1

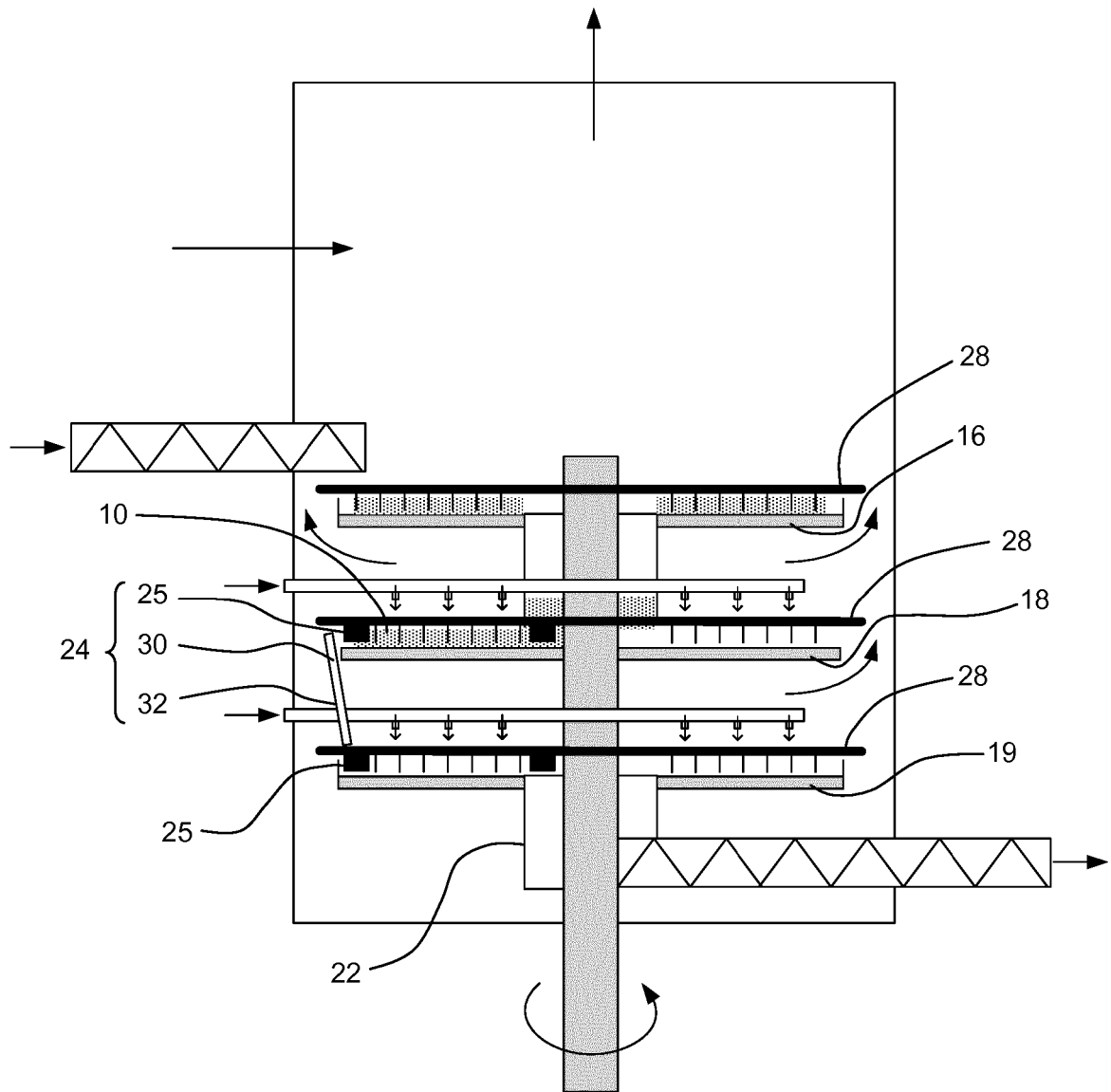


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3037395 A1 [0003] [0016] [0017] [0018] [0020]
- CH 684961 A5 [0004]
- DE 421118 C [0005]
- US 3379622 A [0005]
- WO 0131070 A1 [0005]