

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 Wasser-gas, 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 ein 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. ver-glast. 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 enthaltenes Gasgemisch über mindestens eine Einblasöffnung in mindestens einem sich kontinuierlich oder intermittierend durch die Schüttung bewegenden 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 durchströmmbares 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 Krählarme 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 Krählarmen 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 Krählarme, 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] 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.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 15 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 14.

[0007] 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 pyrolysiert und/oder in nicht, partiell oder vollständig oxidiert Form vorliegen. **[0008]** Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

a) Einbringen einer Schüttung des Schüttguts in einen Reaktionsraum eines Reaktors, wobei das Schüttgut auf einer ersten Reaktionsfläche im Reaktionsraum aufgebracht und mittels eines ersten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels ausgebreitet, durchmischt und zu einem Leitungsmittel hin und optional in das Leitungsmittel hinnein bewegt und dabei von oben auf eine Temperatur erhitzt wird, bei der es zu einer vollständigen oder teilweisen Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts kommt, wobei das Schüttgut in einer Bewegungsrichtung auf dem oder durch das Leitungsmittel auf eine zweite Reaktionsfläche in dem Reaktionsraum oder einem weiteren Reaktionsraum übergeleitet wird,

b) Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts auf der zweiten Reaktionsfläche mittels eines zweiten Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittels, wobei das Schüttgut zu einem Ausleitmittel oder Überleitungsmittel hin und optional in das Ausleitmittel oder Überleitungsmittel hinnein bewegt wird, wobei das Schüttgut mit einem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch in Kontakt gebracht wird, so dass dabei die zumindest partielle Oxidation des organischen Anteils des Schüttguts erfolgt,

c) Ausbringen des resultierenden zumindest partiell oxidierten Schüttguts aus dem Reaktionsraum oder dem weiteren Reaktionsraum, durch das Ausleitmittel,

wobei das Schüttgut dadurch mit dem 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 bedeutet, dass das Beaufschlagen der Schüttung mit dem Gasgemisch so sanft erfolgt, dass sich das Gasgemisch keinen Weg durch die Schüttung sucht und das Schüttgut nicht oder zumindest nicht wesentlich aufgewirbelt wird. Im Reaktionsraum ist oberhalb der ersten Reaktionsfläche eine Gasauslassöffnung angeordnet. Dadurch strömt das Gasgemisch nach dem Kontakt mit dem Schüttgut im Reaktionsraum nach oben. Üblicherweise bewegt sich das Schüttgut dagegen der Schwerkraft folgend im Reaktionsraum vom Einbringen in den Reaktionsraum bis zu Ausbringen aus dem Reaktionsraum nach unten.

[0009] Weiterhin wird vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert, dass ein Strom des Gasgemisches das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel bewegende Schüttgut kreuzt oder durchströmt oder dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömt.

[0010] 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.

[0011] 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 Reaktionsflächen vorgelagerte Reaktionsfläche aufgebracht werden und von dort erst auf die erste Reaktionsfläche gelangen.

[0012] 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.

[0013] 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. weiteren Reaktionsfläche/n angeordnet ist.

[0014] Eine Gasauslassöffnung für das Gasgemisch ist üblicherweise im oberen Teil des Reaktionsraums und oberhalb der ersten und ggf. mindestens einer der ersten Reaktionsflächen 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.

[0015] 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 Staubaufwirbelungen 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.

[0016] Weiterhin haben die Erfinder erkannt, dass das sich bei dem Verfahren gemäß der EP 3 037 395 A1 durch die Schüttung bewegende Werkzeug einem verhältnismäßig hohen Verschleiß unterliegt.

[0017] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäß

ßen 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 bewegende 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.

[0018] 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 enthaltenes Gasgemisch dem Reaktionsraum zugeführt werden.

[0019] 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 Ent-

stehung 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 enthaltenen 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.

[0020] 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.

[0021] Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens 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.

[0022] Es ist 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.

[0023] Der Schleusenmechanismus kann eine Zellerradschleuse umfassen. Zellerradschleusen sind im Stand der Technik in einer Vielzahl von Ausgestaltungen bekannt.

[0024] 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 kann das Leitungsmittel als Kanal ausgestaltet sein, welcher bei bestimmungsgemäßem Gebrauch bzw. bestimmungsgemäßer Anordnung ein oberes und ein unteres Ende aufweist, wobei der Teil des Schüttguts das untere Ende verschließt. Das kann dadurch erreicht werden, dass 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 verbleibt, 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.

[0025] 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 Ausbrei-

tungs-, Bewegung- 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

5 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 10 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 15 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 20 sein und kann so ausgestaltet sein, das es zur Beaufschlagung des Schüttguts mit dem Gasgemisch über das Schüttgut hinweg bewegt wird, beispielsweise in einer Kreisbewegung.

[0026] Das Überleiten auf die weitere Reaktionsfläche 25 kann durch das Überleitungsmittel erfolgen, welches, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines Schutzschild, 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 30 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.

[0027] 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 Schutzschild, 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-, Bewegung- 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 45 durchlaufenen der weiteren Reaktionsflächen zum Ausleitmittel hin und optional in das Ausleitmittel hinein bewegt wird. Der weitere Überleitungskanal kann ebenfalls 50 in Form eines Rohrs ausgebildet sein.

[0028] 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 ausgebretet, 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.

[0029] 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-, Durchmischungs- 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 ausbreitete Schüttgut dadurch ausgebretet, 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 vierten 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.

[0030] 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 anzutragen. 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.

[0031] 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 Ausbreitungs-, 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 ausgebretet, durchmischt und bewegt wird.

[0032] 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.

[0033] Das Ausleitmittel kann, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines zusätzlichen weiteren Schutzschildes, einer Ausleitrinne, einer zumindest einseitig durch eine vierte Schutzwand begrenzte Ausleitruschfläche 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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 enthaltenen Gasgemisch oder dem weiteren Gasgemisch dienen. 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.

[0037] 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 Schütt-

gut 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.

[0038] 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.

[0039] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend

- 35 - einen Reaktor mit einem Reaktionsraum und optional einem weiteren Reaktionsraum,
- eine erste Reaktionsfläche im Reaktionsraum,
- 40 - mindestens ein Heizmittel, um das Schüttgut von oben zur Pyrolyse des organischen Anteils des Schüttguts zu erhitzten,
- eine zweite Reaktionsfläche im Reaktionsraum oder einem weiteren Reaktionsraum,
- 45 - ein Leitungsmittel, um das Schüttgut in einer Bewegungsrichtung auf dem Leitungsmittel oder durch das Leitungsmittel hindurch auf die zweite Reaktionsfläche überzuleiten,
- ein erstes Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel zum Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen von einer in den Reaktionsraum des Reaktors eingebrachten und auf der ersten Reaktionsfläche aufgebrachten Schüttung des Schüttguts und um das Schüttgut auf der ersten Reaktionsfläche zum Leitungsmittel hin und optional in das Leitungs-

mittel hinein zu bewegen,

- ein zweites Ausbreitungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel zum Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des Schüttguts auf der zweiten Reaktionsfläche und um das Schüttgut auf der zweiten Reaktionsfläche zu einem Ausleitmittel, einem optional vorhandenen Überleitungsmittel oder einem optional vorhandenen zusätzlichen weiteren Überleitungsmittel hin und optional in dieses hinein zu bewegen,
- ein Gaseinleitungsmittel, um ein Sauerstoff enthaltendes Gasgemisch in den Reaktionsraum oder den weiteren Reaktionsraum einzuleiten, um das Schüttgut mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch in Kontakt zu bringen,

wobei das Gaseinleitungsmittel so ausgebildet ist, dass das Schüttgut dadurch von oben und/oder von einer Seite her mit dem Gasgemisch so beaufschlagt werden kann, dass das Gasgemisch das Schüttgut überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts zu durchströmen. Das Leitungsmittel ist so ausgebildet, dass dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemischs das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel bewegende Schüttgut kreuzen oder durchströmen kann oder dass das Gasgemisch durch das Leitungsmittel entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts strömen kann.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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 hin-

einfällt. Das Ausleitmittel 22 umfasst eine weitere Förderschnecke 29, um das Schüttgut 10 abzutransportieren.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

10

Bezugszeichenliste

[0049]

15	9	Förderschnecke
	10	Schüttgut
	11	Zuführvorrichtung
	12	Reaktionsraum
	14	Reaktor
20	16	erste Reaktionsfläche
	17	Leitungsmittel
	18	zweite Reaktionsfläche
	19	weitere Reaktionsfläche
	20	Gasgemisch
25	21	Gaseinleitungsmittel
	22	Ausleitmittel
	23	Verbrennungsgas
	24	Überleitungsmittel
	25	Schaber
30	26	Schutzschild
	27	Welle
	28	Rechen
	29	weitere Förderschnecke
	30	zweite Schutzwand
35	32	zweite Rutschfläche

Patentansprüche

40 1. Verfahren zur zumindest partiellen Pyrolyse und zumindest partiellen Oxidation eines organischen Anteils eines staubhaltigen oder staubförmigen Schüttguts (10) zumindest teilweise organischen Ursprungs mit folgenden Schritten:

45 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

50

55

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 Überleitungsmittel (24) hin und optional in das Ausleitmittel (22) oder Überleitungsmittel (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) dadurch mit dem Gasgemisch (20) in Kontakt gebracht wird, dass es von oben und/oder von einer Seite 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 das Gasgemisch (20) optional Wasser in Form von Dampf oder einem Aerosol enthält oder wobei das Schüttgut (10) außer mit dem Gasgemisch (20) mit Wasser in Kontakt gebracht wird, wobei im Reaktionsraum oberhalb der ersten Reaktionsfläche (16) eine Gasauslassöffnung angeordnet ist, wobei vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemisches (20) das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) bewegende Schüttgut (10) kreuzt oder durchströmt oder dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemisches (20) das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) bewegende Schüttgut (10) kreuzt oder durchströmt, dass das Leitungsmittel (17) zumindest teilweise in Form einer Rinne oder einer zumindest einseitig durch eine erste Schutzwand begrenzte erste Rutschfläche ausgebildet ist, oder dass dadurch vollständig oder zumindest im Wesentlichen verhindert wird, dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) entgegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömen kann, dass das Leitungsmittel (17) einen für das Schüttgut (10) in der Bewegungsrichtung passierbaren Schließmechanismus oder Schleusenmechanis-

mus 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.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **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/oder dass der Schleusenmechanismus eine Zellenradschleuse umfasst und/oder dass das Leitungsmittel (17) dadurch so ausgestaltet ist, dass es von dem im Leitungsmittel (17) verbleibenden Teil des Schüttguts (10) verschlossen wird, dass 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.

4. 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 und/oder von einer Seite 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, insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines Schutzschildes (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 zuletzt durchlaufenen, der weiteren Reaktionsflächen (19) zum Ausleitmittel (22) hin und optional in das Ausleitmittel (22) hinein bewegt wird. 5

10

mittel 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 (22) hin und optional in das Ausleitmittel (22) hinein bewegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, 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 Schutzschild, 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. 15

20

7. 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. 25

8. Verfahren nach Anspruch 7, 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, 30

40

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. 35

45

50

55

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausleitmittel (22), insbesondere durch das Vorsehen mindestens eines zusätzlichen weiteren Schutzschild,

einer Ausleitrinne, einer zumindest einseitig durch eine vierte Schutzwand begrenzte Ausleitutschflä-
che 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 wer-
den.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Re-
aktionsfläche (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

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schüttgut
(10) bei Schritt a) zumindest teilweise durch eine
Brennkammer von oben erhitzt wird, welche zumin-
dest teilweise mit bei der Pyrolyse und/oder bei der
partiellen Oxidation entstehendem Gas gespeist
wird. 20

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste,
zweite, dritte und/oder vierte Ausbreitungs-, Durch-
mischungs- und Bewegungsmittel jeweils unabhän-
gig voneinander als Rechen (28) ausgebildet ist/sind
und/oder das zweite, dritte und/oder vierte Ausbrei-
tungs-, Durchmischungs- und Bewegungsmittel je-
weils unabhängig voneinander ausschließlich dem
Ausbreiten, Durchmischen und Bewegen des
Schüttguts (10) und damit nicht der Beaufschlagung
mit dem Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) 30
oder dem weiteren Gasgemisch dient. 35

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tempera-
tur, auf die das Schüttgut (10) bei Schritt a) von oben
erhitzt wird, 850 °C, insbesondere 800 °C, nicht über-
schritten und/oder das Beaufschlagen mit dem Sau-
erstoff enthaltenden Gasgemisch (20), insbesonde-
re beim Vorliegen mindestens einer weiteren Reak-
tionsfläche (19) jeweils unabhängig für das Schütt-
gut (10) auf der zweiten Reaktionsfläche (18) und
der weiteren Reaktionsfläche (19) oder für das
Schüttgut (10) auf der zweiten Reaktionsfläche (18)
und jeder der weiteren Reaktionsflächen (19), in Ab-
hängigkeit von der bei der Oxidation oder partiellen
Oxidation in dem Schüttgut (10), insbesondere je-
weils, erreichten Temperatur so geregelt wird, dass
dabei eine Temperatur von 850 °C, insbesondere
eine Temperatur von 800 °C, nicht überschritten
wird. 40 45 50

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schüttgut
(10) vor oder bei Durchführung des Schritts a) oder
des Schritts b) mit pulverförmigem Kalk vermischt
wird. 55

5. 15. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens
nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfas-
send

- einen Reaktor (14) mit einem Reaktionsraum
(12) und optional einem weiteren Reaktions-
raum,
- eine erste Reaktionsfläche (16) im Reaktions-
raum (12),
- mindestens ein Heizmittel, um das Schüttgut
(10) von oben zur Pyrolyse des organischen An-
teils des Schüttguts (10) zu erhitzen,
- eine zweite Reaktionsfläche (18) im Reaktions-
raum (12) oder einem weiteren Reaktionsraum,
- ein Leitungsmittel (17), um das Schüttgut (10)
in einer Bewegungsrichtung auf dem Leitungs-
mittel (17) oder durch das Leitungsmittel (17)
hindurch auf die zweite Reaktionsfläche (18)
überzuleiten,
- ein erstes Ausbreitungs-, Durchmischungs-
und Bewegungsmittel zum Ausbreiten, Durch-
mischen und Bewegen von einer in den Reak-
tionsraum (12) des Reaktors (14) eingebrachten
und auf der ersten Reaktionsfläche (16) aufge-
brachten Schüttung des Schüttguts (10) und um
das Schüttgut (10) auf der ersten Reaktionsflä-
che (16) zum Leitungsmittel (17) hin und option-
al in das Leitungsmittel (17) hinein zu bewe-
gen,
- 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
(16) zu einem Ausleitmittel (22), einem optional
vorhandenen Überleitungsmittel (24) oder ei-
nem optional vorhandenen zusätzlichen weite-
ren Überleitungsmittel hin und optional in dieses
hinein zu bewegen,
- ein Gaseinleitungsmittel (21), um ein Sau-
erstoff enthaltendes Gasgemisch (20) in den Re-
aktionsraum (12) oder den weiteren Reaktions-
raum einzuleiten, um das Schüttgut (10) mit dem
Sauerstoff enthaltenden Gasgemisch (20) in
Kontakt zu bringen,

dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseinlei-
tungsmittel (21) so ausgebildet ist, dass das Schütt-
gut (10) dadurch von oben und/oder von einer Seite
her mit dem Gasgemisch (20) so beaufschlagt wer-
den kann, dass das Gasgemisch (20) das Schüttgut
(10) überströmt, ohne die Schüttung des Schüttguts
(10) zu durchströmen, wobei das Leitungsmittel (17)
so ausgebildet ist, dass dadurch vollständig oder zu-

mindest im Wesentlichen verhindert wird, dass ein Strom des Gasgemisches (20) das sich auf dem oder durch das Leitungsmittel (17) bewegende Schüttgut (10) kreuzen oder durchströmen kann oder dass das Gasgemisch (20) durch das Leitungsmittel (17) ent- 5 gegen der Bewegungsrichtung des Schüttguts (10) strömen kann.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

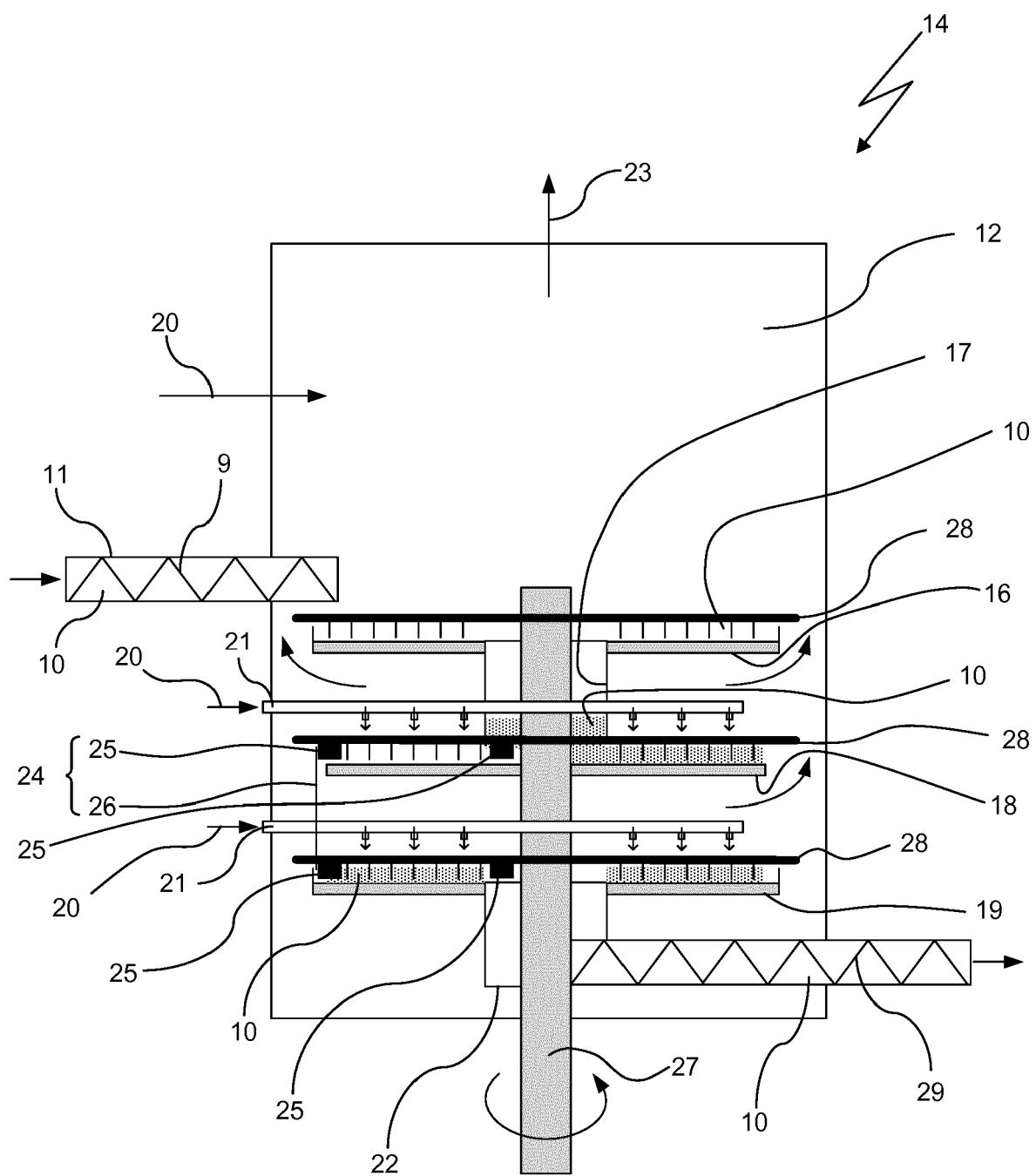


Fig. 1

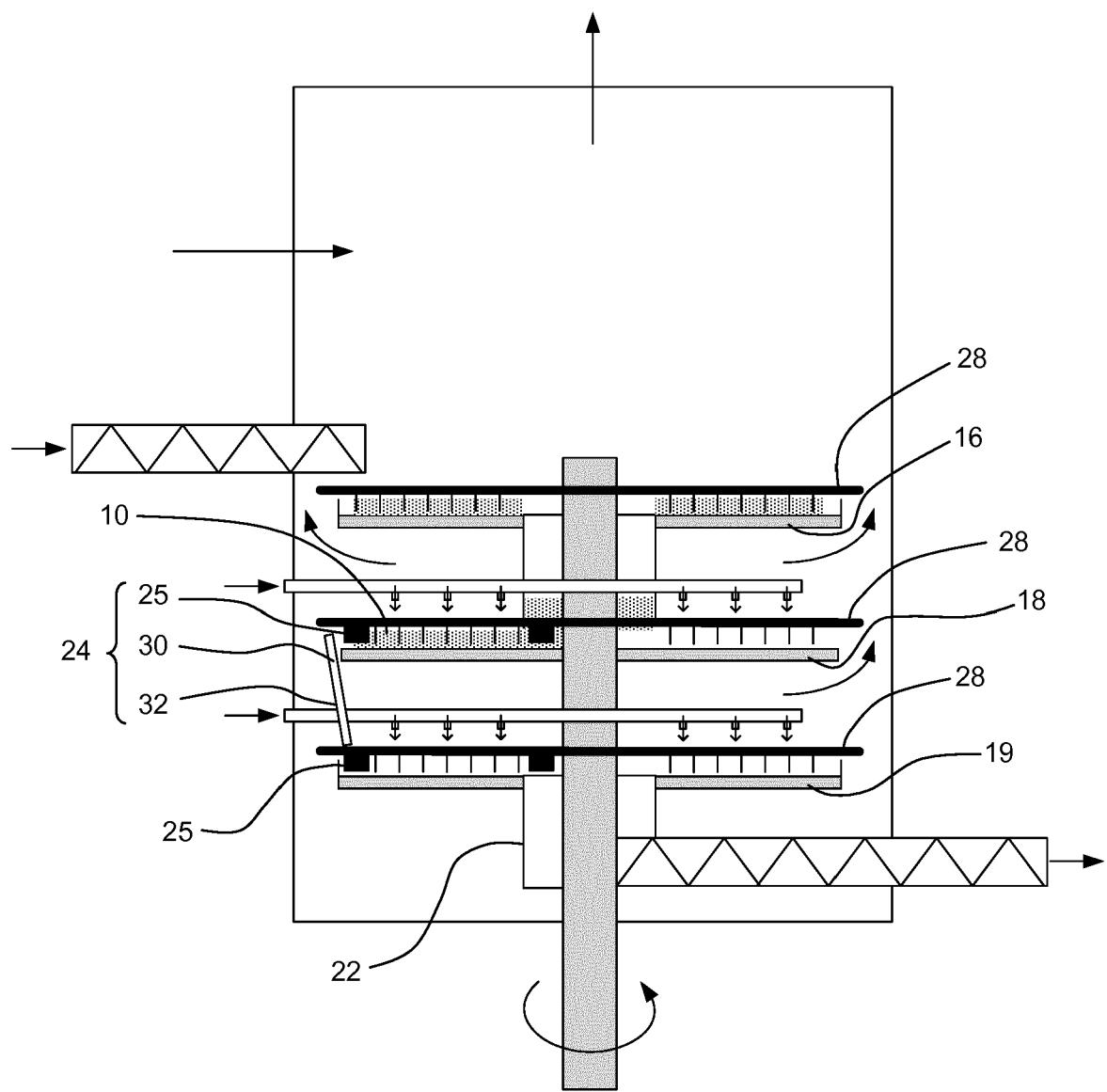


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 15 8190

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y DE 421 118 C (GOTTFRIED VERVUERT DR; GEORG RIEBER) 6. November 1925 (1925-11-06) * Abbildung 1 * * das ganze Dokument * -----	1-15	INV. C10B7/02 F27B9/18 F27B9/39 F27B9/36
15	Y US 3 379 622 A (DREUSCHE JR CHARLES F VON 23. April 1968 (1968-04-23) * Abbildung 2 * * das ganze Dokument * -----	1-15	
20	X WO 01/31070 A1 (WURTH PAUL SA [LU]; FRIEDEN ROMAIN [LU]; HUTMACHER PATRICK [LU]; FERRE) 3. Mai 2001 (2001-05-03) * Seite 7, Zeile 5 * * Abbildungen 1-4 * -----	1-15	
25			
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			C10B F27B C10J
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 21. April 2017	Prüfer Lachmann, Richard
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 15 8190

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-04-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 421118	C 06-11-1925	KEINE	
15	US 3379622	A 23-04-1968	KEINE	
	WO 0131070	A1 03-05-2001	AU 7788000 A LU 90463 A1 WO 0131070 A1	08-05-2001 26-04-2001 03-05-2001
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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] [0015] [0016] [0017] [0019]
- CH 684961 A5 [0004]