

(19)



(11)

EP 4 471 332 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.12.2024 Patentblatt 2024/49

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23J 15/08^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23176120.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F23J 15/08; F23G 2204/103; F23G 2204/201;
F23G 2204/203; F23J 2215/50; F23J 2900/15081**

(22) Anmeldetag: **30.05.2023**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

• **Beck, Valeri**
13591 Berlin (DE)

(72) Erfinder: **BECK, Valeri**
13591 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbB
Stralauer Platz 34
10243 Berlin (DE)

(71) Anmelder:
• **BECK, Svetlana**
13591 Berlin (DE)

(54) MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUM VERBRENNEN VON ABFALL

(57) Die Erfindung betrifft eine Müllverbrennungsanlage, die eine Brennkammer, einen Brenner, eine Abgasspaltungsvorrichtung und eine Brennkammer-Rückführung aufweist. Die Brennkammer ist so ausgebildet, dass Abfall in der Brennkammer verbrannt werden kann. Der Brenner ist derart angeordnet und ausgebildet, dass dieser in der Brennkammer befindlichen Abfall zu verbrennen. Die Abgasspaltungsvorrichtung weist eine Abgasspaltungskammer und eine Heizvorrichtung auf. Die Abgasspaltungskammer hat einen Einlass, der fluidleitend mit der Brennkammer verbunden ist, so dass bei der Verbrennung von Abfall entstehende Abgase von der Brennkammer durch den Einlass in die Abgasspaltungskammer strömen können. Die Heizvorrichtung ist ausgebildet, ein in der Abgasspaltungskammer vorhandenes Abgas auf mindestens 3000 °C zu erhitzen, so dass wenigstens eine in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil, und in einen zweiten Bestandteil, aufgespalten werden kann. Die Abgasspaltungskammer ist ausgebildet, durch Erzeugen einer Zentrifugalkraft jeweils die ersten und zweiten aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung, innerhalb der Abgasspaltungskammer räumlich voneinander zu trennen. Die mindestens eine Abgasspaltungskammer-Rückführung verbindet i) einen ersten Auslass der Abgasspaltungskammer mit dem Einlass der Abgasspaltungskammer, so dass der in der Abgasspaltungskammer enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem ersten Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem zweiten Einlass der Abgasspaltungskammer wenigstens teilweise zurückgeführt werden kann, um

dann erneut in die Abgasspaltungskammer zu strömen und/oder, falls die Müllverbrennungsanlage eine weitere Abgasspaltungsvorrichtung aufweist, verbindet ii) einen ersten Auslass der Abgasspaltungskammer mit einem Einlass einer Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, so dass der in der Abgasspaltungskammer enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem ersten Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung wenigstens teilweise weitergeführt werden kann, um dann in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung zu strömen.

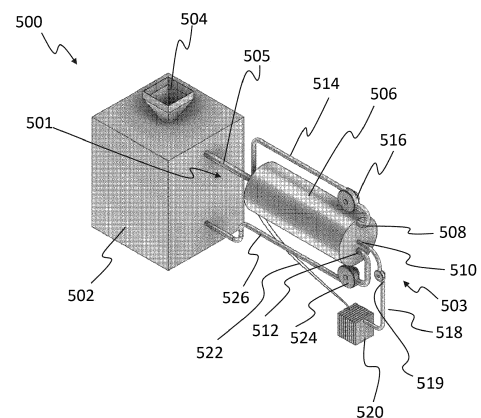


Fig. 5

EP 4 471 332 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Müllverbrennungsanlage, eine Verwendung der Müllverbrennungsanlage zum Verbrennen von Abfall, ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall in einer Müllverbrennungsanlage, und ein Verfahren zur Wartung oder Reparatur einer Müllverbrennungsanlage. Die Erfindung ermöglicht insbesondere eine Verbrennung von Abfall ohne Ausstoß von CO₂ in die Atmosphäre oder wenigstens mit einem deutlich reduzierten Ausstoß von CO₂ in die Atmosphäre.

[0002] Eine Müllverbrennungsanlage dient dazu die brennbaren Anteile von Abfall zu verbrennen, in der Regel zur Reduzierung der Abfallmenge auf Deponien. Eine solche thermische Abfallbehandlung gewinnt in der Abfallwirtschaft immer mehr an Bedeutung, da unbehandelte Abfall oftmals eine Gefährdung für die Umwelt darstellt. Beispielweise können einige vorgegebene Grenzwerte für eine Ablagerung von Abfällen auf bestimmten Deponien nur durch eine thermische Behandlung der Abfälle erreicht werden. Beispielhaft für so einen Grenzwert ist ein vorgegebener maximaler Kohlenstoffgehalt in Abfällen, der je nach Deponieklasse manchmal zwischen 1 % und 3 % nicht überschreiten darf. Diese niedrigen Werte für den Kohlenstoffgehalt sind bislang typischerweise nur durch eine thermische Behandlung der Abfälle zu erreichen.

[0003] Zur thermischen Behandlung von Abfällen werden oftmals Großanlagen mit einem Durchsatz von mehreren hunderttausend Tonnen pro Jahre eingesetzt. Bei der thermischen Abfallbehandlung kann oftmals Energie in Form von Wärme und Strom erzeugt und weiterverwendet werden. Auch ermöglichen Müllverbrennungsanlagen oftmals eine stoffliche Verwertung des Mülls, indem bestimmte Materialien aus dem Abfall extrahiert werden.

[0004] Nachteilig bei bekannten Müllverbrennungsanlagen ist jedoch, dass diese Abgase ausstoßen, die Schadstoffe enthalten, so dass beispielsweise toxische Gase wie Dioxine, Furane und Stickoxide freigesetzt werden, die eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellen können. Es wurde daher nach Wegen gesucht, die von einer Müllverbrennungsanlage erzeugten Abgase zu reinigen.

[0005] Beispielweise wird in EP 2 078 555 A1 ein Verfahren zur Reinigung von Abgasen, eine Abgasreinigungsanlage und die Verwendung dieser Abgasreinigungsanlage zur Reinigung von Abgasen aus einer Müllverbrennungsanlage beschrieben. Die Abgase werden dort mittels eines trockenen oder quasitrockenen Sorptionsverfahrens gereinigt. Dabei werden die Abgase in einen ersten Reaktor eingeführt und vom ersten in einen nachgeschalteten zweiten Reaktor geleitet. Frisches Sorptionsmittel wird erst zum zweiten Reaktor zugeführt und vom zweiten Reaktor mindestens teilweise in den ersten Reaktor geleitet.

[0006] Ein weiteres Problem, das bei heute bekannten

Müllverbrennungsanlagen auftritt, ist, dass bei der Verbrennung enorme Mengen von Kohlendioxid entstehen. Zum Beispiel fällt typischerweise pro eine Tonne Müll eine Tonne CO₂ an, bei Verbrennung von Kunststoffen sogar fast drei Tonnen CO₂, die in die Atmosphäre ausgestoßen werden. Die Müllverbrennung ist somit derzeit eine bedeutende Quelle für Treibhausgasemissionen, insbesondere für CO₂. Unter Gesichtspunkt der Umweltverschmutzung stellt daher auch die Strom- und Wärme-gewinnung durch Abfallverbrennung eine klimaschädliche Form der Energieerzeugung dar. Technische Lösungen, die zu einer Reduktion oder einer Vermeidung des CO₂ Ausstoßes von Müllverbrennungsanlagen beitragen, sind derzeit nicht bekannt.

[0007] Es ist daher weiterhin wünschenswert, eine Müllverbrennungsanlage und ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall zu schaffen, die Abfall mit möglichst geringem Ausstoß von CO₂ in die Atmosphäre verbrennen können.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Müllverbrennungsanlage und ein verbessertes Verfahren zum Verbrennen von Abfall in einer Müllverbrennungsanlage bereitzustellen. Insbesondere liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Müllverbrennungsanlage und ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall bereitzustellen, die eine Verbrennung von Abfall ohne Ausstoß von CO₂ oder wenigstens mit einem deutlich reduzierten Ausstoß von CO₂ ermöglichen.

[0009] Erfindungsgemäß wird eine Müllverbrennungsanlage vorgeschlagen, die eine Brennkammer, einen Brenner, mindestens eine Abgasspaltungsvorrichtung und mindestens eine Abgasspaltungskammer-Rückführung aufweist. Die Brennkammer ist so ausgebildet, dass Abfall in der Brennkammer verbrannt werden kann. Der Brenner ist derart angeordnet und ausgebildet, dass dieser in der Brennkammer befindlichen Abfall verbrennen kann. Die mindestens eine Abgasspaltungsvorrichtung weist eine Abgasspaltungskammer und eine Heizvorrichtung auf. Die Abgasspaltungskammer hat einen Einlass, z.B. einen ersten Einlass, der fluidleitend mit der Brennkammer verbunden ist, so dass bei der Verbrennung von Abfall entstehende Abgase von der Brennkammer durch den Einlass in die Abgasspaltungskammer strömen können. Die Heizvorrichtung ist ausgebildet, ein in der Abgasspaltungskammer vorhandenes Abgas auf mindestens 3000 °C zu erhitzen, so dass wenigstens eine in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil, vorzugsweise in ein leichteres Gasprodukt, und in einen zweiten Bestandteil, vorzugsweise ein schwereres Gasprodukt, aufgespalten werden kann. Die Abgasspaltungskammer ist ausgebildet, durch Erzeugen einer Zentrifugalkraft jeweils die ersten und zweiten aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung, innerhalb der Abgasspaltungskammer räumlich voneinander zu trennen, insbesondere entspre-

chend der jeweiligen Molekularmassen. Vorzugsweise erfolgt die Trennung derart, dass aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft das leichtere Gasprodukt in Richtung eines Drehzentrums der Abgasspaltungskammer und das schwerere Gasprodukt in Richtung einer Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt wird, und falls vorhanden, der nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung als schwerstes Gas vergleichsweise am Weitesten in Richtung der Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt wird. Die mindestens eine Abgasspaltungskammer-Rückführleitung verbindet i) einen Auslass, z.B. einen ersten Auslass, der Abgasspaltungskammer mit dem Einlass der Abgasspaltungskammer, so dass der in der Abgasspaltungskammer enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem zweiten Einlass der Abgasspaltungskammer wenigstens teilweise zurückgeführt werden kann, um dann erneut in die Abgasspaltungskammer zu strömen und/oder, falls die Müllverbrennungsanlage eine weitere Abgasspaltungsvorrichtung aufweist, ii) einen Auslass der Abgasspaltungskammer mit einem Einlass einer Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, so dass der in der Abgasspaltungskammer enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung wenigstens teilweise weitergeführt werden kann, um dann in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung zu strömen.

[0010] Die Erfindung schließt die Erkenntnis ein, dass die Emission von CO_2 bei der Verbrennung von Abfällen ein erhebliches Problem für die Umwelt darstellt und zu einer erheblichen Veränderung der Erdatmosphäre beitragen kann. Tatsächlich ist die Müllverbrennung eine bedeutende Quelle für Treibhausgasemissionen und insbesondere für CO_2 . Unter Gesichtspunkt der Umweltverschmutzung stellt die Strom- und Wärmeenergiegewinnung durch Abfallverbrennung eine klimaschädliche Form der Energieerzeugung dar. Die Verbrennung von üblichem Hausmüll weist in der Regel eine höhere CO_2 -Last pro erzeugter Kilowattstunde auf, als etwa die Verbrennung von Erdgas. Die Erfindung schließt die weitere Erkenntnis ein, dass heutzutage durch den Bau möglichst großer Müllverbrennungsanlagen versucht wird, die Degression der spezifischen Investitionen mit wachsender Anlagengröße auszunutzen und die Behandlungskosten pro Tonne Abfall zu senken. Verbunden mit der Großanlagentechnik treten jedoch oftmals eine Reihe von Problemen auf. Die Auslastung der Anlagen ist meistens schwierig zu erreichen, die Logistik ist aufwendig, die Akzeptanz der Anlagen in der Bevölkerung ist gering und die Energienutzung erfolgt typischerweise mit niedrigem Wirkungsgrad. Für viele Arten der Abfälle, darunter die meisten Industrie- und Gewerbeabfälle, werden jedoch kleinere Müllverbrennungsanlagen gebraucht, die aber technisch nur schwer realisierbar und

praktisch nicht verfügbar sind. Es besteht daher die Notwendigkeit technische Lösungen zu finden und allgemein verfügbar zu machen, die eine Verbrennung von Abfall mit deutlich reduzierten Emissionen von Schadstoffen und insbesondere von CO_2 ermöglichen.

[0011] Die erfindungsgemäße Müllverbrennungsanlage ermöglicht eine CO_2 -freie Müllverbrennung und kann damit vergleichsweise klimafreundlich betrieben werden. Dies wird mit der Müllverbrennungsanlage dadurch erreicht, dass in dem Abgas enthaltenes CO_2 in der Abgasspaltungskammer auf 3000°C oder mehr erhitzt wird. Bei diesen Temperaturen von mindestens 3000°C wird CO_2 direkt in Sauerstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt. Der freigesetzte Sauerstoff könnte in den Kreislauf für eine effektivere Verbrennung des Abfalls in die Brennkammer zurückgeführt werden. Nicht umgewandeltes CO_2 kann mittels der mindestens einen Abgasspaltungskammer-Rückführleitung von dem Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer zurückgeführt werden, um dann wieder in die Abgasspaltungskammer einzuströmen. Das erneut eingeströmte CO_2 wird dann wieder auf 3000°C oder mehr erhitzt und wird dann wenigstens teilweise in Sauerstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt. Dieser Vorgang kann solange wiederholt werden, bis das CO_2 aus dem bei der Verbrennung des Abfalls entstehenden Abgas vollständig aufgespalten wird.

[0012] Zusätzlich oder alternativ, insbesondere wenn die Müllverbrennungsanlage eine weitere Abgasspaltungsvorrichtung aufweist, kann mittels der mindestens einen Abgasspaltungskammer-Rückführleitung nicht umgewandeltes CO_2 von dem Auslass der Abgasspaltungskammer zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung weitergeführt werden, um dann in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung einzuströmen. In der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung wird das einströmende CO_2 dann wieder auf 3000°C oder mehr erhitzt und dann wenigstens teilweise in Sauerstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt.

[0013] Mit der Abgasspaltungsvorrichtung und der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung wird ein modularer Aufbau realisiert, der theoretisch beliebig oft fortgesetzt werden kann. Es können also mehrere Abgasspaltungsvorrichtungen vorhanden sein, die fluidleitend miteinander verbunden sind, so dass ein Gas von einer Abgasspaltungsvorrichtung in die nächste Abgasspaltungsvorrichtung strömen kann. Beispielsweise können die erste Abgasspaltungskammer und die zweite Abgasspaltungskammer in Reihe geschaltet sein. Dadurch, dass in jeder der Abgasspaltungsvorrichtungen eine in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil und in einen zweiten Bestandteil aufgespalten werden kann, und der nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung in die nächste Abgasspaltungsvorrichtung abgeführt werden kann, nimmt die Menge des nicht-aufgespaltenen Res-

tes der chemischen Verbindung von Abgasspaltungsvorrichtung zu Abgasspaltungsvorrichtung immer weiter ab, bis die in dem enthaltene chemische Verbindung im Wesentlichen vollständig in einen ersten Bestandteil und in einen zweiten Bestandteil aufgespalten ist. Die aufgespaltenen Bestandteile können an entsprechenden Auslässen aus der jeweiligen der Abgasspaltungsvorrichtungen abgeführt und weiterverwendet werden.

[0014] Es ist auch möglich, dass die Müllverbrennungsanlage mehrere Abgasspaltungsvorrichtungen aufweist, die unabhängig voneinander betreiben werden können und insbesondere nicht unmittelbar fluidleitend miteinander verbunden sind. Die beiden Abgasspaltungsvorrichtungen können insbesondere parallelgeschaltet sein, im Unterschied zu einer seriellen Anordnung, bei der zwei Abgasspaltungsvorrichtungen hintereinandergeschaltet sind und ein Gas von der einen Abgasspaltungsvorrichtung in die andere Abgasspaltungsvorrichtung strömen kann. Insbesondere ist es möglich, dass die Müllverbrennungsanlage eine erste Abgasspaltungsvorrichtung mit einer ersten Abgasspaltungskammer aufweist, die über eine erste Abgasspaltungskammer-Rückführleitung mit der Brennkammer verbunden ist, und eine zweite Abgasspaltungsvorrichtung mit einer zweiten Abgasspaltungskammer aufweist, die über eine zweite Abgasspaltungskammer-Rückführleitung mit der Brennkammer verbunden ist. Vorzugsweise kann das Abgas aus der Brennkammer in die erste Abgasspaltungskammer unabhängig von der zweiten Abgasspaltungskammer abgeführt werden kann und umgekehrt. Entsprechend kann auch das Abgas aus der Brennkammer in die zweite Abgasspaltungskammer unabhängig von der ersten Abgasspaltungskammer abgeführt werden.

[0015] Es ist möglich, beide Abgasspaltungsvorrichtungen gleichzeitig zu betreiben. Es können dann gleichzeitig durch jeweilige Abgasspaltungskammer-Rückführleitungen Abgase aus der Brennkammer in die beiden Abgasspaltungsvorrichtungen eingeleitet werden. Es ist auch möglich, nur eine der beiden Abgasspaltungsvorrichtungen zu betreiben. Diejenige der Abgasspaltungsvorrichtungen, die gerade nicht in Betrieb ist, kann z.B. repariert werden. Es ist auch möglich, dass aus derjenigen der Abgasspaltungsvorrichtungen, die gerade nicht in Betrieb ist, fester Kohlenstoff entnommen wird, während die andere der Abgasspaltungsvorrichtungen weiterläuft. Es ist dann möglich die Müllverbrennungsanlage kontinuierlich und ohne Ausfallzeiten zu betreiben.

[0016] Die erfindungsgemäße Müllverbrennungsanlage ist als geschlossenes System konzipiert und kann so betrieben werden, dass keine Abgase ausgestoßen werden. Die Abgase können solange in der Müllverbrennungsanlage zirkulieren, bis die in dem Abgas enthaltenen chemische Verbindungen wie CO_2 und H_2O vollständig aufgespalten sind. Die nützlichen Gase aus Wasserstoff und Sauerstoff können aus der Abgasspaltungskammer entnommen und für den Betrieb der Müllver-

brennungsanlage verwendet werden. Beispielsweise kann Wasserstoff dazu verwendet werden, um die Temperaturen von 3000°C oder mehr zu erzeugen. Sauerstoff kann in die Brennkammer rückgeführt werden, um die Effizienz bei der Verbrennung des Abfalls in der Brennkammer zu steigern. Fester Kohlenstoff kann aus der Abgasspaltungskammer entnommen und außerhalb der Müllverbrennungsanlage als Rohstoff weiterverwendet werden. Entsprechend ist bei der erfindungsgemäßen Müllverbrennungsanlage - im Gegensatz zu herkömmlichen Müllverbrennungsanlagen - ein Schornstein oder dergleichen zum Ausstoßen von Abgasen in die Atmosphäre obsolet.

[0017] Weiterhin kann die erfindungsgemäße Müllverbrennungsanlage sowohl als Großanlage als auch als kleine Müllverbrennungsanlage realisiert werden. Damit stellt die Müllverbrennungsanlage eine wirtschaftliche und ökologische Alternative zu bekannten Müllverbrennungsanlagen zur thermischen Abfallbehandlung dar. Der im Betrieb der Müllverbrennungsanlage entstandene feste Kohlenstoff und überschüssiger Sauerstoff und Wasserstoff können als nützliche Produkte weiterverwertet werden.

[0018] Die Trennung der in dem Abgas enthaltenen chemischen Verbindung in einen ersten Bestandteil und in einen zweiten Bestandteil und, falls vorhanden, auch in einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung erfolgt insbesondere wie nachfolgend beschrieben.

[0019] Nach dem Start der Müllverbrennungsanlage stellt sich in der Abgasspaltungskammer typischerweise eine stationäre Temperaturverteilung ein, wobei sich im Zentrum der Abgasspaltungskammer heiße Gase und in der Peripherie kältere Gase befinden. Dies liegt daran, dass die Heizvorrichtung die Gase in der Abgasspaltungskammer in der Regel nicht gleichmäßig erhitzt, so dass sich in der Abgasspaltungskammer Gasschichten mit unterschiedlichen Temperaturen und entsprechend unterschiedlicher Dichte bilden. Die räumliche Trennung nach Temperaturunterschieden passiert insbesondere nach dem Start der Müllverbrennungsanlage. Dieser Zustand bleibt typischerweise während des ganzen Arbeitszyklus konstant.

[0020] Die aufgespaltenen Gasprodukte, also insbesondere der erste Bestandteil und der zweite Bestandteil der chemischen Verbindung, haben zunächst dieselbe Temperatur. Während des Arbeitszyklus erfolgt dann eine räumliche Trennung der Gasprodukte nach ihren Molekularmassen. Insbesondere befinden sich die Spaltungsprodukte in einem dynamischen Zustand, wobei sich schwerere Gasprodukte während des Gastransportes vom Einlass zu dem Auslass kontinuierlich in radialer Richtung vom Zentrum der Abgasspaltungskammer hin zur Kammerwand bewegen und die leichteren Gasprodukte im Zentrum der Abgasspaltungskammer verbleiben bzw. ins Zentrum verdrängt werden.

[0021] Die schwereren Gasprodukte werden während der Trennung unter Wirkung der Zentrifugalkraft durch

Wärmeaustausch mit anderen Gasen kälter. Die beiden Trennungsprozesse, insbesondere nach Molekularmasse und Gasdichte, aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft passieren zeitgleich. Im Ergebnis sammeln sich im Bereich der Kammerwände schwerere und kältere und im Zentrum der Abgasspaltungskammer leichtere und heißere Bestandteile.

[0022] Insbesondere ist die Heizvorrichtung ausgebildet, ein in der Abgasspaltungskammer vorhandenes Abgas auf mindestens 3000 °C zu erhitzen, so dass wenigstens eine in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil, vorzugsweise in ein leichteres Gasprodukt, und in einen zweiten Bestandteil, vorzugsweise ein schwereres Gasprodukt, sowie in eine heißere und damit leichtere Gasschicht, und in eine kältere und damit schwerere Gasschicht, aufgespalten werden kann. Die Abgasspaltungskammer ist insbesondere ausgebildet, durch Erzeugen einer Zentrifugalkraft jeweils die ersten und zweiten aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung, innerhalb der Abgasspaltungskammer räumlich nach ihren Molekularmassen voneinander zu trennen. Vorzugsweise erfolgt die Trennung derart, dass aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft das leichtere bzw. heißere Gasprodukt in Richtung eines Drehzentrums der Abgasspaltungskammer und das schwerere bzw. kältere Gasprodukt in Richtung einer Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt wird, und falls vorhanden, der nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung als schwerstes Gas vergleichsweise am Weitesten in Richtung der Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt wird.

[0023] Vorzugsweise weist die Abgasspaltungsvorrichtung einen Antrieb auf, der angeordnet und ausgebildet ist, die Abgasspaltungskammer um eine Rotationsachse zu rotieren. Durch die Rotationsbewegung der Abgasspaltungskammer wird das in die Abgasspaltungskammer eingeführte Abgas ebenfalls in Rotation versetzt, so dass auf das Abgas eine Zentrifugalkraft wirkt. Die auf das Abgas wirkende Zentrifugalkraft sorgt dafür, dass heißere bzw. leichtere Gasprodukt in Richtung eines Drehzentrums der Abgasspaltungskammer und das kältere bzw. schwerere Gasprodukt in Richtung einer Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt wird. Falls in der Abgasspaltungskammer noch ein nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung vorhanden ist, wird dieser als schwerstes Gas vergleichsweise am Weitesten in Richtung der Kammerwand der Abgasspaltungskammer verdrängt. Dadurch werden die verschiedenen Gasprodukte räumlich in der Abgasspaltungskammer separiert. Die verschiedenen räumlich separierten Gasprodukte können dann durch verschiedene Auslässe, z.B. einen Auslass im Drehzentrum, einen weiteren Auslass nahe der Kammerwand und einen wiederum weiteren Auslass zwischen dem Auslass im Drehzentrum und dem Auslass nahe der Kammerwand entnommen werden. Dafür ist jeder Auslass

mit einer Leitung, z.B. einem Schlauch verbunden. Jeder Schlauch ist wiederum mit einer eigenen Pumpe verbunden, mit denen der zum Absaugen benötigte Sog erzeugt werden kann. Der Antrieb kann beispielsweise ein Riemenantrieb sein. Alternativ könnte der Antrieb auch einen Elektromotor umfassen. Beispielsweise könnte an der Abgasspaltungskammer selbst der Rotor befestigt sein, der dann in dem Stator gedreht wird. Die Abgasspaltungskammer ist vorzugsweise an beiden Enden mittels Lagern, insbesondere mittels Kugellagern, drehbar gelagert. Bevorzugt ist der Antrieb ausgebildet, die Abgasspaltungskammer mit mindestens 50 Umdrehungen pro Minute, vorzugsweise mindestens 250 Umdrehungen pro Minute, besonders bevorzugt mehr als 500 Umdrehungen pro Minute zu rotieren.

[0024] Alternativ oder zusätzlich zu einem Antrieb, der die Abgasspaltungskammer rotieren kann, kann die Abgasspaltungsvorrichtung mindestens ein in der Abgasspaltungskammer angeordnetes Laufrad mit Schaufeln und/oder mindestens einen in der Abgasspaltungskammer angeordneten Ventilator aufweisen. Vorzugsweise können das Laufrad und/oder der Ventilator jeweils mit einem Laufrad-Antrieb bzw. mit einem Ventilator-Antrieb gedreht werden. Durch die Drehung des Laufrads und/oder des Ventilators wird das in der Abgasspaltungskammer vorhandene Abgas ebenfalls in Rotation versetzt, so dass auf das Abgas und/oder aufgespaltene Bestandteile der chemischen Verbindung eine Zentrifugalkraft wirkt, die eine räumliche Trennung des Abgases und der aufgespaltenen Bestandteile in Abhängigkeit der jeweils unterschiedlichen Molekularmassen führt. Vorzugsweise können das Laufrad mit Schaufeln und/oder der Ventilator mit mindestens 50 Umdrehungen pro Minute rotiert werden.

[0025] Weitere Details zu möglichen technischen Umsetzungen und den physikalischen Wirkmechanismen, die zu der räumlichen Trennung der unterschiedlichen Gasprodukte führen, sind in WO 2022/122062 A1 beschrieben.

[0026] Die Abgasspaltungskammer kann relativ zu einem Untergrund der Müllverbrennungsanlage waagrecht oder mit einem Neigungswinkel von 0° bis 90° oder mit einem Neigungswinkel von 0° bis -90° ausgerichtet sein. Bevorzugt ist eine horizontale Ausrichtung, so dass der Einlass und der Auslass nicht parallel zu dem Untergrund ausgerichtet sind. Wenn der Auslass der Abgasspaltungskammer nach unten gerichtet ist, kann eine Trennung von festen und gasförmigen Reaktionsprodukten dank der Wirkung von Erdgravitation erleichtert werden. Bei einer Ausrichtung des Auslasses nach oben, können hingegen leichte gasförmige Produkte besser entweichen bzw. leichter mit einem Schlauch abgeführt werden.

[0027] Die Abgasspaltungskammer kann in einem Behälter angeordnet sein und ein Innenraum des Behälters kann unter Normaldruck stehen. Alternativ kann der Innenraum des Behälters unter Unterdruck stehen. Wiederum alternativ kann der Innenraum des unter Über-

druck stehen.

[0028] Die Abgasspaltungskammer kann rohrförmig oder ringförmig ausgebildet sein. Wenn die Abgasspaltungskammer rohrförmig ausgebildet ist, ist es bevorzugt, wenn die Rohrlänge wesentlich größer als der Rohrdurchmesser ist, z.B. im Verhältnis 10 zu 1. Eine Rohrlänge, die größer als der Rohrdurchmesser ist, ist bevorzugt, weil die Zentrifugalkraft bei der Drehbewegung nur in radialer Richtung wirkt. Das heißt, in axialer Richtung funktioniert die Wärmeisolierung weniger gut. Dieser Effekt kann durch eine vergleichsweise größere Rohrlänge abgemildert werden.

[0029] Wenn die Abgasspaltungskammer als Rohr ausgebildet ist, kann diese an einem Ende den Einlass und an dem gegenüberliegenden Ende den Auslass haben. Das Abgas wird dann im Betrieb durch den Einlass in das Rohr eingeführt und aufgeheizt. An dem anderen Ende kann das Abgas oder die ausgespaltenen Bestandteile der chemischen Verbindung wieder entnommen werden. Im Inneren des Rohres wird das Abgas mit der Heizvorrichtung auf einer hohen Temperatur gehalten und in der Abgasspaltungskammer rotiert. Da die schweren und kälteren Bestandteile in Richtung der Kammerwand verdrängt werden, bildet sich an der Kammerwand eine wärmeisolierende Gasschicht mit einer vergleichsweise niedrigeren Temperatur.

[0030] Wenn die Abgasspaltungskammer ringförmig ausgebildet ist, z.B. ein Torus oder zwei an beiden Enden verbundene Rohre, hat die Abgasspaltungskammer keine freien Enden an denen heiße Gaswirbel entstehen können.

[0031] Die Brennkammer und der Brenner können ausgebildet sein, um den Abfall nach bekannten Methoden z.B. Wirbelschichtfeuerung, Rostfeuerung, oder im Drehrohröfen zu verbrennen.

[0032] Gase, die z.B. die in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung oder den ersten Bestandteil oder den zweiten Bestandteil der chemischen Verbindung enthalten, können mithilfe von Pumpen aus der Abgasspaltungskammer entnommen werden. Beispielsweise kann die Abgasspaltungskammer neben dem ersten Auslass weitere Auslässe aufweisen. Jeder der Auslässe ist über ein Rohr oder einen Schlauch, z.B. ein Edelstahlrohr bzw. einen Silikonschlauch, jeweils mit einer Pumpe verbunden. Mittels der Pumpen kann durch die verschiedenen Auslässe ein Gas aus der Abgasspaltungskammer entnommen werden. Das entnommene Gas kann auf seine Zusammensetzung hin analysiert werden. Sollte das entnommene Gas nicht die gewünschte Zusammensetzung haben, könnte der verwendete Auslass geschlossen und ein anderer Auslass verwendet werden, durch den ein Gas an einer anderen Stelle der Abgasspaltungskammer entnommen werden kann.

[0033] Um die Effizienz der Müllverbrennungsanlage zu erhöhen, kann ein optionaler Wärmetauscher verwendet werden. Ein Wärmetauscher kann mit einem Auslass der Abgasspaltungskammer verbunden sein, aus dem

ein Gas oder Gase abgeführt werden sollen, die vor ihrer weiteren Verwendung abgekühlt werden sollen. Das Abkühlen des Gases oder der Gase erfolgt dann mit dem Wärmetauscher, so dass die gewonnene Wärme weiterverwendet werden kann.

[0034] Insbesondere können die aus der Abgasspaltungskammer abgesaugten Gase eine hohe Temperatur haben, z.B., aus einem zentral angeordneten Auslass kann aus dem Drehzentrum abgesaugter Wasserstoff eine Temperatur von über 1000 °C haben. Bevor Wasserstoff weiterverwendet wird und z.B. einer Brennstoffzelle zugeführt wird, kann es vorteilhaft sein, wenn der Wasserstoff auf eine niedrigere Temperatur abgekühlt wird. Dafür kann ein Wärmetauscher verwendet werden, so dass die Wärmeenergie nicht verloren geht. Auch andere Gase wie z.B. Sauerstoff, die aus der Abgasspaltungskammer entnommen werden können, können eine hohe Temperatur haben. Manche dieser Gase, wie z.B. Sauerstoff, können aber heiß weiterverwendet werden. Beispielsweise kann Sauerstoff heiß wieder in die Brennkammer geführt werden, um dort die Verbrennungseffizienz zu steigern. Zum Absaugen solcher heißen Gase weist die Müllverbrennungsanlage vorzugsweise entsprechend temperaturbeständige Pumpen auf.

[0035] Wenn aus der Abgasspaltungskammer entnommener Wasserstoff in einem Gasturbinen- bzw. Verbrennungsmotorstromgenerator verwendet werden soll, kann auf einen Wärmetauscher verzichtet werden. Entsprechend kann der entnommene Wasserstoff heiß weiterverwendet werden.

[0036] Bei der Verwendung einer Reinigungsvorrichtung zur Reinigung, z.B. mittels einem Sorptionsmittel, kann es vorteilhaft sein, wenn die Gase vorher gekühlt werden. Auch in diesem Fall kann zum Kühlen der Gase ein Wärmetauscher verwendet werden, insbesondere zusammen mit einem Auslass der Abgasspaltungskammer, aus dem Sauerstoff zusammen mit Schadstoffen wie Chlor oder Fluor abgeführt werden soll.

[0037] Bevorzugt besteht die Abgasspaltungskammer aus einem Material wie z.B. Aluminium oder Edelstahl, das eine Temperaturbeständigkeit bei mindestens 300 °C oder mehr, bevorzugt bei 500 °C oder mehr, besonders bevorzugt bei 1000 °C aufweist.

[0038] Bevorzugt weist die Heizvorrichtung eine Lichtbogenheizung, einen Gasbrenner zum Verbrennen von Wasserstoff, und/oder einen Mikrowellen-Plasmabrenner auf, die bzw. der angeordnet und ausgebildet ist, in der Abgasspaltungskammer befindliche Abgase durch Erzeugen eines Lichtbogens bzw. eines Mikrowellen-Plasmas bzw. durch Verbrennen von Wasserstoff mit einem Gasbrenner auf mindestens 3000 °C zu erwärmen. Die Lichtbogenheizung weist vorzugsweise Graphitelektroden auf. Vorzugsweise ist die Lichtbogenheizung ausgebildet, einen Strom von mindestens 100 A, bevorzugt von mindestens 500 A, besonderes bevorzugt von mindestens 5000 A bereitzustellen. Ein Strom von 100 A entspricht insbesondere einem Lichtbogen mit ca. 2 kW elektrischer Leistung, ein Strom von 500 A ent-

spricht insbesondere einem Lichtbogen mit ca. 15 kW Leistung und ein Strom von 5000 A entspricht insbesondere einem Lichtbogen mit über 200 kW Leistung. Zusätzlich oder alternativ zu einer Lichtbogenheizung könnte ein Mikrowellen-Plasmabrenner verwendet werden. Ein Mikrowellen-Plasmabrenner braucht im Unterschied zu einer Lichtbogenheizung keine Elektroden, die verbrennen und regulär gewechselt werden müssen, und kann bei hoher Leistung ein 4000 °C bis 5000 °C heißes Plasma erzeugen. Durch eine einfache Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff ist es, insbesondere bei einem stöchiometrischen Verhältnis, also bei H₂ zu Oz von 2:1, möglich eine Wasserstoff-Brenntemperatur von ungefähr 2800 °C zu erreichen. Zusammen mit den ohnehin schon heißen Abgasen aus der Brennkammer kann so eine Spaltungstemperatur von 3000 °C oder mehr erreicht werden. Es ist auch möglich, die Verbrennung von Wasserstoff mit einer der beiden anderen Heizmethode, also mit einer Lichtbogenheizung und/oder mit einem Mikrowellen-Plasmabrenner zu kombinieren. Die Verbrennung von Wasserstoff mit einem Gasbrenner hat den Vorteil, dass eine solche Heizvorrichtung vergleichsweise einfach realisiert werden kann. Auch kann eine Verbrennung von Wasserstoff mit einem Gasbrenner besonders zuverlässig durchgeführt werden. Beispielsweise können für die Verbrennung von Wasserstoff ein einfacher Gasbrenner oder zu 80 % Energie aus Gasbrenner und zu 20 % aus elektrischer Heizung verwendet werden. Die Verbrennung von Wasserstoff mit einem Gasbrenner erfolgt in der Regel auch mit einem vergleichsweise höheren Wirkungsgrad, z.B. als bei einer Brennstoffzelle oder einem Gasturbinengenerator.

[0039] Die Müllverbrennungsanlage kann weiterhin eine, optionale, Brennkammer-Rückführleitung aufweisen, die einen zweiten Auslass der Abgasspaltungskammer und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung und die Brennkammer fluidleitend miteinander verbindet, so dass wenigstens einer der mehreren aufgespaltenen Bestandteile in die Brennkammer zurückgeleitet werden kann. Im Betrieb kann durch die Brennkammer-Rückführleitung beispielsweise Sauerstoff aus der Abgasspaltungskammer in die Brennkammer abgeführt werden. Dadurch kann die Effizienz der Müllverbrennung in der Brennkammer erhöht werden. Beispielsweise kann eine Verbrennung in reinem Sauerstoff erreicht werden, bei der der Brennofen vollständig mit Sauerstoff geflutet wird. Dadurch kann eine höhere Verbrennungstemperatur erreicht werden und eine effizientere Verbrennung des Abfalls stattfindet. Ein weiterer Vorteil in der Verwendung reinen Sauerstoffes besteht darin, dass eine Menge an Schadstoffen, die bei der Verbrennung freigesetzt werden, reduziert werden kann.

[0040] Der erste Einlass und der zweite Einlass können beispielsweise an einem gemeinsamen Rohrstück, insbesondere einem Edelstahl- bzw. Quarzrohr oder einem hitzebeständigen Keramikrohr, angeordnet sein. Ein Quarzrohr könnte insbesondere dann von Vorteil

sein, wenn die Heizvorrichtung einen Mikrowellen-Plasmabrenner umfasst und das Rohrstück entsprechend vergleichsweise höheren Temperaturen ausgesetzt werden soll. An dem Rohrstück könnte auch weitere Einlässe angeordnet sein, über die die Abgasspaltungskammer befüllt werden kann. Das Rohrstück könnte in die Abgasspaltungskammer führen und das Einbringen eines Fluid in die Abgasspaltungskammer ermöglichen. Das Rohrstück könnte auch doppelwandig ausgestaltet sein. In den Zwischenraum zwischen den Wänden des doppelwandigen Rohrstücks kann ein Gas eingeführt werden, das geeignet ist, das Rohrstück zu kühlen. Ein Kühlen des Rohrstücks kann vorteilhaft sein, da von der Brennkammer in die Abgasspaltungskammer strömende Rauchgase vergleichsweise heiß sein können, und beispielsweise 2000 °C oder mehr haben können. Durch Kühlen des Rohrstücks kann das Rohrstück vor den heißen Temperaturen der Rauchgase geschützt werden. In den Zwischenraum zwischen den Wänden des doppelwandigen Rohrstücks kann beispielsweise ein aus der Abgasspaltungskammer entnommenes Gas eingeführt werden, um das Rohrstück zu kühlen. Beispielsweise könnte aus der Abgasspaltungskammer nicht-aufgespaltenes CO₂ zunächst in den Zwischenraum abgeführt werden. Bevorzugt ist der Zwischenraum fluidleitend mit dem Innenraum des doppelwandigen Rohrstücks verbunden, so dass das zum Kühlen verwendete, nicht-aufgespaltene CO₂ zusammen mit aus der Brennkammer strömenden Abgasen erneut in die Abgasspaltungskammer strömen kann, um dann aufgespalten zu werden. Beispielsweise kann die Abgasspaltungskammer-Rückführleitung fluidleitend mit dem Zwischenraum des Rohrstücks und der Zwischenraum fluidleiden mit dem Innenraum des Rohrstücks verbunden sein, so dass durch die Abgasspaltungskammer-Rückführleitung ein Gas aus der Abgasspaltungskammer zunächst zum Kühlen des Rohrstücks in den Zwischenraum des Rohrstücks abgeführt werden kann, um dann anschließend in den Innenraum des Rohrstücks und wieder in die Abgasspaltungskammer zu strömen.

[0041] Optional kann die Müllverbrennungsanlage eine Brennstoffzelle aufweisen, die fluidleitend mit insbesondere einem dritten Auslass der Abgasspaltungskammer und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung verbunden ist, so dass beispielsweise aus dem Abgas gewonnener Wasserstoff durch die Brennstoffzelle in elektrische Energie gewandelt werden kann. Vorzugsweise ist die Brennstoffzelle elektrisch leitend mit der Heizvorrichtung verbunden, so dass von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie durch die Heizvorrichtung in thermische Energie gewandelt werden kann.

[0042] Alternativ oder zusätzlich zu einer Brennstoffzelle kann die Müllverbrennungsanlage einen Gasturbinenstromgenerator und/oder einen Verbrennungsmotorstromgenerator aufweisen, der fluidleitend mit der Abgasspaltungskammer und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungs-

vorrichtung verbunden ist, so dass aus dem Abgas gewonnener Wasserstoff durch den Stromgenerator oder die Stromgeneratoren in elektrische Energie gewandelt werden kann. Vorzugsweise ist der Stromgenerator bzw. sind die Stromgeneratoren elektrisch leitend mit der Heizvorrichtung verbunden, so dass von dem Stromgenerator bzw. den Stromgeneratoren erzeugte elektrische Energie durch die Heizvorrichtung in thermische Energie gewandelt werden kann. Entsprechend kann ein Stromgenerator durch einen Wasserstoff-Verbrennungsmotor getrieben werden. Ein Gasturbinenstromgenerator kann besonders vorteilhaft in Großanlagen verwendet werden, ein Verbrennungsmotorstromgenerator wird hingegen eher zusammen mit einer kleineren Müllverbrennungsanlage verwendet, beispielsweise aus Kostengründen.

[0043] Die Müllverbrennungsanlage kann eine Brennkammer-Zuführleitung aufweisen, die mit der Brennkammer fluidleitend verbunden ist, und durch die beispielsweise ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff in die Brennkammer eingeleitet werden kann. Die Brennkammer-Zuführleitung kann beispielsweise mit einer externen Sauerstoffquelle verbunden sein, die ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff enthält, das durch die Brennkammer-Zuführleitung in die Brennkammer abgeführt werden kann. Durch ein zusätzliches Einbringen von Sauerstoff in die Brennkammer kann die Effizienz der Verbrennung von Abfällen in der Brennkammer gesteigert werden.

[0044] Bevorzugt weist die Müllverbrennungsanlage eine Reinigungsvorrichtung auf, die mit der Abgasspaltungskammer und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung fluidleitend verbunden und ausgebildet ist, aus der entsprechenden Abgasspaltungskammer abgeführte Abgase und/oder ein Gas aufweisend wenigstens einen der mehreren aufgespaltenen Bestandteile zu reinigen. In den Abgasen oder dem Gas aufweisend wenigstens einen der mehreren aufgespaltenen Bestandteile können beispielsweise toxische Gase wie Dioxine, Furane und Stickoxide enthalten sein, die eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellen können. Beispielsweise können Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoffsäure, Schwefeldioxid, Stickoxiden oder Dioxin enthalten sein. Die Reinigung könnte mittels Sorption in einer zirkulierenden Wirbelschicht erfolgen. Beispielsweise kann ein Sorptionsmittel in einen Wirbelschichtreaktor eingebracht werden, wo es in Form einer zirkulierenden Wirbelschicht vorliegt.

[0045] Optional kann die Müllverbrennungsanlage eine Abgasspaltungskammer-Zuführleitung aufweisen, die mit der Abgasspaltungskammer und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung fluidleitend verbunden ist, z.B. über einen dritten Einlass, der auch an einem gemeinsamen Rohrstück angeordnet sein kann. Durch die Abgasspaltungskammer-Zuführleitung kann beispielweise ein Gas aufweisend CO₂ in die jeweilige Abgasspal-

tungskammer eingeleitet werden. Dabei ist die Quelle für das zusätzlich eingebrachte CO₂ nicht die Brennkammer. Die Quelle kann eine andere Brennkammer für eine Verbrennung von Abfällen sein oder das CO₂ auch durch einen anderen Vorgang als die Verbrennung von Abfällen erzeugt worden sein. Beispielsweise kann die Müllverbrennungsanlage zwei oder mehr Brennkammern aufweisen, die mit derselben Abgasspaltungskammer verbunden sind. In die Abgasspaltungskammer können dann Abgase aus der ersten Brennkammer und der zweiten Brennkammer eingeleitet werden. Beispielsweise können Abgase aus der ersten Brennkammer und der zweiten Brennkammer gleichzeitig eingeleitet werden. Es ist aber auch möglich, dass Abgase während einer bestimmten Zeitdauer entweder nur aus der ersten Brennkammer oder nur aus der zweiten Brennkammer eingeleitet werden.

[0046] Die Erfindung betrifft auch eine Verwendung der hier beschriebenen Müllverbrennungsanlage zum Verbrennen von Abfall.

[0047] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall in einer Müllverbrennungsanlage. Das Verfahren weist die Schritte auf:

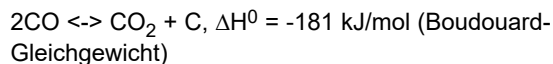
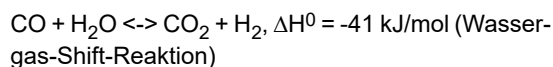
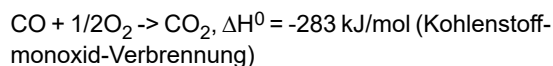
- Bereitstellen von Abfall in der Müllverbrennungsanlage,
- Verbrennen des Abfalls, vorzugsweise unter Zuführung eines Gases, das mindestens 30 % Sauerstoff aufweist,
- Abführen von bei der Verbrennung des Abfalls entstehender Abgase aufweisend CO₂ und H₂O in eine Abgasspaltungskammer einer Abgasspaltungsvorrichtung,
- Erhitzen der Abgase in der Abgasspaltungskammer mit einer Heizvorrichtung der Abgasspaltungsvorrichtung auf mindestens 3000 °C, so dass die chemischen Verbindungen CO₂ und H₂O wenigstens teilweise in mehrere Bestandteile aufgespalten werden, insbesondere in O₂, CO und H₂ sowie in festen Kohlenstoff,
- Erzeugen einer auf die aufgespaltenen Bestandteile wirkende Zentrifugalkraft, so dass die aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindungen, aufgrund ihrer unterschiedlichen Molekularmassen räumlich voneinander getrennt werden, und
- wenigstens teilweises Zurückführen des nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindungen, insbesondere von CO₂, von einem ersten Auslass der Abgasspaltungskammer i) zu einem Einlass der Abgasspaltungskammer, so dass der nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindungen

erneut in die Abgasspaltungskammer eingeführt wird, oder wenigstens teilweises Zurückführen des nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindung, insbesondere von CO₂, von einem ersten Auslass der Abgasspaltungskammer ii) zu einem Einlass einer Abgasspaltungskammereiner weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, so dass der nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindungen in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung eingeführt wird.

[0048] Das Verfahren kann insbesondere mit der hier beschriebenen Müllverbrennungsanlage durchgeführt werden.

[0049] Das Verfahren ermöglicht eine CO₂-freie Müllverbrennung, bei der CO₂ aus verbranntem Abfall direkt in Sauerstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt wird. Der freigesetzte Sauerstoff kann im Kreislauf für effektive Verbrennung des Mülls verwendet werden. Das Verfahren hat den Vorteil, dass es vergleichsweise energetisch günstig durchgeführt werden kann. Beim Verbrennen von Müll entsteht auch Wasserdampf, der in Sauerstoff und Wasserstoff thermisch gespalten wird. Sauerstoff kann im Kreislauf für eine Verbrennung des Abfalls verwendet und Wasserstoff kann als Energiequelle für die Erzeugung der für die Aufspaltung von CO₂ und H₂O benötigten hohen Temperaturen benutzt werden.

[0050] Der nicht-aufgespaltene Rest, der wenigstens teilweise zu einem Einlass der Abgasspaltungskammer zurückgeführt wird, enthält insbesondere CO₂. Das CO₂ kann dadurch vorhanden sein, dass das Abgas nicht vollständig aufgespalten wurde. Weiterhin kann CO₂ auch dadurch vorhanden sein, dass dieses aus dem Reaktionsprodukt CO erneut gebildet wird. Mögliche Reaktionen sind z.B.:



[0051] Die bei diesen Reaktionen ausgesetzte Wärme bleibt in der Abgasspaltungskammer und unterstützt die Spaltungsprozesse, z.B. CO₂ zu C+O₂ und H₂O zu H₂+O₂. Die Molekularmassen von Sauerstoff und Kohlenstoffmonoxid sind ähnlich (32 und 28), so dass diese durch die Zentrifugalkraft nicht besonders effektiv getrennt werden. Aufgrund dieser genannten Reaktionen wird typischerweise kein oder nur wenig CO an dem Auslass der Abgasspaltungskammer vorhanden sein. Hingegen wird der Sauerstoffanteil an diesem Auslass im Vergleich typischerweise wesentlich höher sein.

[0052] Das Verfahren kann umfassen, dass die aufge-

spaltenen Bestandteile aus der Abgasspaltungskammer separat abgeführt werden, z.B. durch Schläuche. Ein separates Abführen meint hierbei ein Abführen mit einer Reinheit von mindestens 50 % oder mehr, 60 % oder mehr, 70% oder mehr, oder 80% oder mehr.

[0053] Das separate Entnehmen der verschiedenen Gasprodukte aus der Abgasspaltungskammer wird dadurch möglich, dass sich die verschiedenen Gasprodukte aufgrund ihrer unterschiedlichen Molekularmassen unter der wirkenden Zentrifugalkraft räumlich innerhalb der Abgasspaltungskammer trennen. Es bilden sich dann mehrere ringförmige Schichten in der Abgasspaltungskammer, in denen jeweils eines der verschiedenen Gasprodukte vermehrt vorhanden ist. Durch Auslässe, die sich in Höhe einer der mehreren Schichten befinden, kann dann eines der verschiedenen Gasprodukte entnommen und insbesondere abgesaugt werden. Mit anderen Worten, die verschiedenen Gase in der Abgasspaltungskammer werden durch Zentrifugalkräfte räumlich getrennt und können durch Absaugen aus verschiedenen Stellen einzeln entnommen werden. Beispielsweise kann aus einem mittleren, zentralen Bereich H₂, aus Bereich nahe der Kammerwand CO₂ und an einer Stelle dazwischen Oz entnommen werden. Da die Gase eine Diffusion aufweisen, besonders bei hohen Temperaturen, werden die einzeln entnommenen Gase in der Regel nicht 100 % rein sein. Eine 100 % Reinheit ist für die Durchführung des Verfahrens und für den Betrieb der Müllverbrennungsanlage aber auch nicht entscheidend. Eine Reinheit von beispielweise 60 % oder mehr oder auch 80 % oder mehr ist beispielsweise ausreichend.

[0054] Der physikalische Wirkmechanismus, der zu der Trennung der Gasprodukte führt, kann wie folgt beschrieben werden. Das Abgas wird in der Abgasspaltungskammer unter ständiger Drehung gehalten, wobei das rotierende Abgas durch das Wirken einer Zentrifugalkraft eine Trennung von kälterer und damit schwerer und heißerer und damit leichterer Gasschichten erfährt. Dadurch erfolgt eine Verdrängung des heißeren (bzw. leichteren) Gases in das Drehzentrum der Abgasspaltungskammer und des kälteren (bzw. schwereren) Gases in Richtung Kammerwand. Gleichzeitig werden die Gasprodukte durch das Wirken der Zentrifugalkraft eine Trennung nach Molekularmasse erfahren, so dass ein schwereres Gasprodukt sowie ein nicht-aufgespaltenes Gas zur Kammerwand geschleudert wird und ein leichteres Gasprodukt im zentralen Bereich der Abgasspaltungskammer verbleibt. Da Gase eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen, werden die Kammerwände durch eine wärmeisolierende kältere Gasschicht von den heißen Gasmassen im Zentrum effektiv getrennt und dadurch wird eine Überhitzung der Kammerwände vermieden. Die Wände der Abgasspaltungskammer kommen nicht in einen direkten Kontakt mit heißem Gas. Weiterhin werden vorteilhafterweise Reaktionsprodukte weniger durch Material an den Kammerwänden verunreinigt.

[0055] In dem Verfahren ist es bevorzugt, wenn aus der

Abgasspaltungskammer und/oder der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung abgeführter Oz wieder der Brennkammer zugeführt wird und/oder aus der Abgasspaltungskammer und/oder der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung abgeführtes CO₂ erneut der Abgasspaltungskammer zugeführt wird.

[0056] In dem Verfahren ist es weiterhin bevorzugt, wenn aus der Abgasspaltungskammer abgeführter H₂ zur Erzeugung von thermischer Energie verwendet wird und wenigstens teilweise mit der erzeugten thermischen Energie in der Abgasspaltungskammer befindliche Abgase erhitzt werden.

[0057] In dem Verfahren ist es weiterhin bevorzugt, wenn die Abgasspaltungskammer waagrecht oder mit einem Neigungswinkel von 0° bis 90° oder mit einem Neigungswinkel von 0° bis -90° ausgerichtet ist. Eine Neigung kann die Temperaturverteilung entlang der Kammer bestimmen, z.B. bei vertikaler Ausrichtung kann oben eine höhere Temperatur als unten gehalten werden, was zu einem besseren Prozessablauf führen kann. Ein verbesserter Prozessablauf kann umfassen, dass eine CO₂-Spaltung oben bei hohen Temperaturen und Gasabfuhr unten bei niedrigeren Temperaturen stattfindet.

[0058] In dem Verfahren ist es weiterhin bevorzugt, wenn das Erzeugen einer auf die aufgespaltenen Bestandteile wirkende Zentrifugalkraft dadurch erreicht wird, dass die Abgasspaltungskammer in Rotation versetzt wird.

[0059] In dem Verfahren ist es weiterhin bevorzugt, wenn das Erzeugen einer auf die aufgespaltenen Bestandteile wirkende Zentrifugalkraft durch mindestens ein in der Abgasspaltungskammer angeordnetes Laufrad mit Schaufeln und/oder mindestens einen in der Abgasspaltungskammer angeordneten Ventilator und/oder durch Gasströmungen erreicht wird.

[0060] In dem Verfahren ist es weiterhin bevorzugt, wenn die Drehgeschwindigkeit der Abgasspaltungskammer, des Laufrads mit Schaufeln oder des Ventilators auf mindestens 50 Umdrehungen pro Minute eingestellt wird.

[0061] Das Verfahren ermöglicht eine hocheffektive Verbrennung von Abfall in konzentriertem Sauerstoff, die Nutzung von Wasserstoff als Energiequelle, ein Kombinieren von Müllarten für einen Erhalt der Energie-Balance, eine Verwendung externer erneuerbarer Energiequellen, falls erforderlich, einen geschlossenen Stoffkreislauf, vergleichsweise weniger Trocknung von Müll, einen kontinuierlichen Betrieb der Müllverbrennungsanlage, einen zyklischen Betrieb der Müllverbrennungsanlage, eine Anwendung zur Verbrennung von Plastikmüll mit einer Erzeugung einer vergleichsweise größeren Menge von H₂ und eine Verwendung des Wasserstoffes bei der Produktion von Stahl.

[0062] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Wartung oder Reparatur der hier beschriebenen Müllverbrennungsanlage. Das Verfahren weist auf, dass die

Brennkammer, der Brenner, die Abgasspaltungsvorrichtung oder die weitere Abgasspaltungsvorrichtung, die Brennkammer-Rückführleitung, die Brennstoffzelle, der Gasturbinenstromgenerator, der Verbrennungsmotorstromgenerator, die Reinigungsvorrichtung, die Abgasspaltungskammer-Zuführleitung und/oder die Brennkammer-Zuführleitung repariert oder ersetzt wird.

[0063] Zusammenfassend haben die hier beschriebene Müllverbrennungsanlage und das hier beschriebene Verfahren zum Verbrennen von Abfall in einer Müllverbrennungsanlage die folgenden Vorteile. Die Müllverbrennung verursacht keine oder wenigstens deutlich reduzierte CO₂-Emissionen. Dadurch kann ein großer Beitrag zum Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz geleistet und Auswirkungen der CO₂-Bepreisung auf die Abfallgebühren können vermieden werden. Durch Verwendung von konzentriertem Sauerstoff können Abfälle vollständig verbrannt und die Mengen von zu entsorgenden Schlacken deutlich reduziert werden. Die Verwendung des gebildeten Wasserstoffes als Energiequelle ermöglicht einen effizienteren Betrieb der Müllverbrennungsanlage. Durch eine verbesserte Verbrennung in Sauerstoff wird weniger oder gar keine Trocknung des Mülls benötigt. Die Müllverbrennung findet in einem geschlossenen Kreislauf statt, die Endprodukte sind feste Schlacken, fester Kohlenstoff und möglicherweise geringe Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff. Man braucht keinen Schornstein und es können neben Großanlagen auch kleine, aber wirtschaftlich effektive und umweltfreundliche Müllverbrennungsanlagen hergestellt werden, die direkt dort installiert werden können, wo der Müll produziert wird. Dadurch können auch Kosten für den Mülltransport eingespart werden. Bei Verbrennung von Biomüll wird das Verfahren einen CO₂-Gesamtgehalt in der Atmosphäre aktiv vermindern, da der beim Wachsen von Pflanzen aus der Luft entnommene Kohlenstoff nicht wieder als CO₂ in die Atmosphäre abgesetzt, sondern im Form von festem Kohlenstoff gelagert oder verwertet werden kann.

[0064] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sollen nun nachfolgend mit Bezug auf die Figuren näher erläutert werden. Von den Figuren zeigt:

Fig. 1A: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage mit einer Abgasspaltungskammer;

Fig. 1B: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage mit einer Abgasspaltungskammer, wobei die Heizvorrichtung einen Gasbrenner zum Verbrennen von Wasserstoff aufweist;

Fig. 2: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Fig. 1 beschriebene Müllverbrennungsanlage und zusätzlich mehrere Pumpen aufweist, die jeweils Gas-

- produkte wie O_2 , H_2 und CO_2 aus unterschiedlichen Auslässen der Abgasspaltungskammer absaugen können;
- Fig. 3.: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Fig. 1 beschriebene Müllverbrennungsanlage und zusätzlich eine Reinigungsvorrichtung aufweist; 5
- Fig. 4.: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Fig. 1 beschriebene Müllverbrennungsanlage und zusätzlich eine Abgasspaltungskammer-Zuführleitung aufweist; 10
- Fig. 5.: schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage zum Verbrennen von Abfall; 20
- Fig. 6.: die mit Bezug auf die Fig. 5 beschriebene Müllverbrennungsanlage schematisch und beispielhaft in einer Seitenansicht und im Betrieb; 25
- Fig. 7.: die mit Bezug auf die Fig. 6 beschriebene Müllverbrennungsanlage schematisch und beispielhaft in einer Schnittansicht und ebenfalls im Betrieb; 30
- Fig. 8.: die mit Bezug auf die Figen. 5 bis 7 beschriebene Müllverbrennungsanlage schematisch und beispielhaft in einer Perspektivansicht, in der die Einlassseite der Abgasspaltungskammer erkennbar ist; 35
- Fig. 9.: die mit Bezug auf die Figen. 5 bis 8 beschriebene Müllverbrennungsanlage schematisch und beispielhaft in einer Perspektivansicht, in der die Auslassseite der Abgasspaltungskammer erkennbar ist; 40
- Fig. 10.: schematisch und beispielhaft eine Brennkammer und eine Abgasspaltungskammer einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer horizontal ausgerichtet seitlich neben der Brennkammer angeordnet ist; 45
- Fig. 11.: schematisch und beispielhaft eine Brennkammer und eine Abgasspaltungskammer einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer vertikal ausgerichtet seitlich neben der Brennkammer angeordnet ist; 50
- Fig. 12.: schematisch und beispielhaft eine Brennkammer und eine Abgasspaltungskammer einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer vertikal ausgerichtet und oberhalb der Öffnung der Brennkammer angeordnet ist; 55
- Fig. 13.: schematisch und beispielhaft die mit Bezug auf die Fig. 10 beschriebene Brennkammer und die Abgasspaltungskammer in a), b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven; 60
- Fig. 14.: schematisch und beispielhaft die mit Bezug auf die Fig. 11 beschriebene Brennkammer und die Abgasspaltungskammer in a), b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven; 65
- Fig. 15.: schematisch und beispielhaft die mit Bezug auf die Fig. 12 beschriebene Brennkammer und die Abgasspaltungskammer in a), b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven; 70
- Fig. 16.: ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall mit einer Müllverbrennungsanlage; 75
- Fig. 17.: schematisch und beispielhaft einen Versuchsaufbau zur Untersuchung von der Lufttemperaturverteilung in einer Abgasspaltungskammer; 80
- Fig. 18.: ein Messprotokoll zur Untersuchung von der Lufttemperaturverteilung in einer Abgasspaltungskammer, das mit einem wie mit Bezug auf Fig. 17 beschriebenen Versuchsaufbau erzeugt wurde; 85
- Fig. 19.: schematisch und beispielhaft eine Brennkammer und zwei Abgasspaltungskammern einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammern in Reihe geschaltet sind; 90
- Fig. 20.: schematisch und beispielhaft zwei Brennkammern und eine Abgasspaltungskammer einer Müllverbrennungsanlage, die so fluidleitend miteinander verbunden sind, dass in die Abgasspaltungskammer Abgase aus beiden der Brennkammern eingeleitet werden können; und 95
- Fig. 21.: schematisch und beispielhaft eine Brennkammer und zwei Abgasspaltungskammern einer Müllverbrennungsanlage, wobei die beiden Abgasspaltungskammern unabhängig voneinander mit Abgasen aus der Brenn-

kammer befüllt werden können.

[0065] Figur 1A zeigt schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage 100, die eine CO₂-freie Müllverbrennung ermöglicht. Die Müllverbrennungsanlage 100 weist eine Brennkammer 2 auf, in welcher Abfall 1 mit Verwendung von Rost- oder Wirbelschichtfeuerung verbrannt werden kann. Im Unterschied zu den herkömmlichen Verfahren, braucht im Betrieb der Müllverbrennungsanlage 100 keine atmosphärische Luft in die Brennkammer 2 hinzugegeben. Entsprechend ist bei der Verbrennung des Abfalls 1 kein atmosphärischer Stickstoff vorhanden, was zu einer erheblichen Minderung von Stickstoffoxiden führt.

[0066] Bei der Verbrennung des Abfalls 1 entstehende Rauchgase werden als Abgas 5 in eine Abgasspaltungskammer 3 weitergeleitet. In der Abgasspaltungskammer 3 wird das Abgas 5 mittels einer Heizvorrichtung 9 auf mindestens 3000 °C erhitzt, so dass in dem Abgas 5 enthaltendes CO₂ aufgespalten wird. Das auf mindestens 3000 °C erhitzte Abgas 5 wird in der Abgasspaltungskammer 3 rotiert, beispielsweise indem die Abgasspaltungskammer 3 selbst rotiert wird oder diese in ihrem Innenraum ein Laufrad mit Schaufeln oder einen Ventilator aufweist, die rotiert werden, um so das Abgas 5 in Rotation zu versetzen. Durch die Rotation des Abgases 5 wirkt auf dieses eine Zentrifugalkraft. Durch die Wirkung der Zentrifugalkraft erfährt das rotierende Abgas 5 eine Trennung von kälteren bzw. schweren Gasprodukten und heißeren bzw. leichteren Gasprodukten und dadurch eine Verdrängung des heißeren bzw. leichteren Gasprodukts in das Drehzentrum der Abgasspaltungskammer 3 und des kälteren bzw. schwereren Gasprodukts in Richtung einer Kammerwand der Abgasspaltungskammer 3. Dabei bildet sich auch eine wärmeisolierende Gasschicht in der Nähe der Kammerwand. Durch eine Verdrängung der heißen Gase weg von der Kammerwand wird gewährleistet, dass Wärmeverluste durch die kältere Gasschicht im Bereich der Kammerwand wegen geringerer Wärmeleitfähigkeit der Gase minimiert werden und dadurch hohe Temperaturen im Drehzentrum der Abgasspaltungskammer 3, die für CO₂-Spaltung benötigt werden, erreicht werden können.

[0067] Bei hohen Temperaturen von über 3000 °C werden CO₂-Moleküle in festen Kohlenstoff, Oz und CO sowie H₂O-Moleküle in H₂ und O₂ gespalten, wobei durch das Wirken einer Zentrifugalkraft das Abgas 5 in der Abgasspaltungskammer 3, das aus nicht gespaltenen CO₂ und H₂O und gebildeten Oz, CO und H₂ besteht, nach ihren Molekularmassen getrennt werden. Der leichteste Stoff, H₂, bleibt im Zentralbereich der Abgasspaltungskammer 3, dann folgen Wasserdampf, CO und Oz, der schwerste Stoff, CO₂, wird zur Kammerwand verdrängt. Die getrennten Gase können dann separat aus der Abgasspaltungskammer 3, abgeführt werden. Kohlenstoffdioxid befindet sich im Kreislauf und wird immerwieder durch Hochtemperaturzone der Abgasspaltungskammer 3 durchgeführt, bis es vollständig in Oz und

festen Kohlenstoff zerlegt wird. Dafür weist die Müllverbrennungsanlage 100 eine Abgasspaltungskammer-Rückführleitung 6 auf, die einen ersten Auslass der Abgasspaltungskammer 3 mit einem zweiten Einlass der Abgasspaltungskammer 3 verbindet.

[0068] Bei Inbetriebnahme der Müllverbrennungsanlage 100 kann Sauerstoff in die Brennkammer 2 aus einer externen Quelle eingeführt und dann im Kreislauf gehalten werden. Da Sauerstoff in dem Abfall 1 als Bestandteil von Wasser und organischen Verbindungen vorhanden ist, kann der Sauerstoffgehalt in der Brennkammer 2 im Laufe der Zeit weiter erhöht werden. Dafür weist die Müllverbrennungsanlage 100 eine Brennkammer-Rückführleitung 7 auf, die einen zweiten Auslass der Abgasspaltungskammer 3 und die Brennkammer 2 fluidleitend miteinander verbindet, so dass Sauerstoff aus der Abgasspaltungskammer 3 entnommen und in die Brennkammer 2 abgeführt werden kann. Sauerstoff kann auch teilweise gespeichert oder in der Luft freigelassen werden. Der gebildete Sauerstoff kann auch vorteilhaft in einer Brennstoffzelle oder einem Stromgenerator 4, z.B. einem Gasturbinenstromgenerator oder einem Verbrennungsmotorstromgenerator, der Müllverbrennungsanlage 100 für eine Verbrennung von Wasserstoff zur Stromerzeugung verwendet werden. Hierfür weist die Müllverbrennungsanlage 100 eine Wasserstoff-Zuführleitung 8 auf, die einen weiteren Auslass der Abgasspaltungskammer 3 mit der Brennstoffzelle bzw. dem Stromgenerator 4 verbindet. Der erzeugte Strom kann über eine Leitung an die Heizvorrichtung 9 weitergeleitet werden, die hier als Lichtbogenheizung ausgebildet ist.

[0069] Energetisch gesehen wird bei der Verbrennung von Kohlenstoff die gleiche Energiemenge freigesetzt, die später für die Spaltung von CO₂ benötigt wird, und für die thermische Spaltung von Wasser wird Energie verbraucht. Um die Energie-Balance zu erhalten, ist es möglich verschiedene Müllarten so zu kombinieren, dass freigesetzter Wasserstoff in einer Menge erzeugt wird, die für die Erzeugung der benötigten Energie ausreicht. Kunststoffe, z.B., haben einen vergleichsweise hohen Anteil von Wasserstoff und keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff. Durch Zugabe von Plastikmüll zu Bioabfall ist es daher möglich eine bestimmte Energie-Balance zu erhalten. Ansonsten könnte zusätzlich auch externe Energie, z.B. aus erneuerbaren Stromquellen, verwendet werden.

[0070] Mit der Müllverbrennungsanlage 100 kann eine CO₂-freie Müllverbrennung von Abfall wie folgt erreicht werden. Zunächst wird Abfall 1 in die Brennkammer 2 eingeführt. Der Abfall 1 kann dann unter Zufuhr von Sauerstoff verbrannt werden. Die dabei entstehenden heißen Rauchgase werden als Abgas 5 in die Abgasspaltungskammer 3 eingeführt. Das heiße Abgas 5 besteht in der Regel hauptsächlich aus CO₂ und H₂O. Unter Zugabe von zusätzlicher thermischen Energie, z.B. durch die Lichtbogenheizung 9, wird bei hohen Temperaturen von mindestens 3000 °C CO₂ und H₂O in Oz, H₂ und festen Kohlenstoff zerlegt. Das Gasprodukt Oz kann

durch einen Auslass durch die Brennkammer-Rückföhrleitung 7 zuröck in die Brennkammer 2 geföhrte werden. Das Gasprodukt H_2 kann durch einen weiteren separaten Auslass durch die Wasserstoff-Zuföhrleitung 8 zu der Brennstoffzelle bzw. dem Stromgenerator 4 abgeföhrte werden. Der gebildete Wasserstoff kann dann als Energiequelle, z.B. in der Brennstoffzelle/dem Stromgenerator 4, zur Erzeugung von zusäztlicher thermischen Energie in der Abgasspaltungskammer 3 verwendet werden. Der feste Kohlenstoff kann wiederum durch einen weiteren separaten Auslass 10 entnommen und entfernt werden. Entsprechend kann gebildeter Sauerstoff in dem Kreislauf gehalten und in die Brennkammer 2 zuröckgeföhrte werden. Nicht zerlegtes Kohlenstoffdioxid wird durch die Abgasspaltungskammer-Röckföhrleitung 6 durch den Einlass der Abgasspaltungskammer 3 wieder in die Abgasspaltungskammer 3 eingeföhrte. Weiterhin können bei der Verbrennung des Abfalls 1 entstehende Schlacke 11 aus der Brennkammer 2 entfernt werden.

[0071] Figur 1B zeigt schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage 150, die vergleichbar mit der wie mit Bezug auf Figur 1A beschriebene Müllverbrennungsanlage 100 aufgebaut ist. Die Müllverbrennungsanlage 150 unterscheidet sich allerdings von der Müllverbrennungsanlage 100 darin, dass die Müllverbrennungsanlage 150 keine Brennstoffzelle bzw. keinen Stromgenerator 4 aufweist. Stattdessen ist bei der Müllverbrennungsanlage 150 die Wasserstoff-Zuföhrleitung 8 so ausgebildet, dass diese einen Auslass zur Entnahme von Wasserstoff direkt mit der Heizvorrichtung 9 verbindet. Zusäztlich weist die Müllverbrennungsanlage 150 eine Sauerstoff-Zuföhrleitung 18 auf, die durch die Brennkammer-Röckföhrleitung 7 strömenden Sauerstoff ebenfalls zu der Heizvorrichtung 9 zu leiten. Die Heizvorrichtung 9 weist einen Gasbrenner auf, um das Gasgemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff mittels dem Gasbrenner zu verbrennen, um so das Abgas 5 auf mindestens 3000 °C zu erhitzen. Die Heizvorrichtung 9 kann zusäztlich zu dem Gasbrenner auch eine Lichtbogenheizung und/oder einen Mikrowellen-Plasmabrenner aufweisen.

[0072] Figur 2 zeigt schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage 200, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Figur 1A beschriebene Müllverbrennungsanlage 100 aufweist. Jedoch weist die Müllverbrennungsanlage 200 zusäztlich mehrere Pumpen 16 auf, die jeweils Gasprodukte wie O_2 , H_2 und CO_2 aus unterschiedlichen Auslässen der Abgasspaltungskammer 3 absaugen können. Da das Abgas 5 in der Brennkammer 2 vergleichsweise heiß ist, kann dieses durch Druckunterschied direkt in die Abgasspaltungskammer 3 geleitet werden. Die durch Aufspaltung entstandenen Gasprodukte wie O_2 , H_2 und CO_2 werden mithilfe von Pumpen 16 durch die Gasleitungen geföhrte. In der Abgasspaltungskammer 3 werden die Gase mithilfe einer Lichtbogenheizung 9 auf mindestens 3000 °C aufgeheizt. Eine alternative Aufheizmethode könnte die Heizung durch Mikrowellen umfassen. Ein Mikrowellen-

Plasmabrenner braucht im Unterschied zur Lichtbogenheizung keine Elektroden, die verbrennen und regulär gewechselt werden müssen, und kann bei hoher Leistung ein 4000 bis 5000 °C heißes Plasma erzeugen.

[0073] Figur 3 zeigt schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage 300, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Figur 1A beschriebene Müllverbrennungsanlage 100 und zusäztlich eine Reinigungsvorrichtung 12 aufweist. Die Reinigungsvorrichtung 12 ist über eine Reinigungsvorrichtung-Zuföhrleitung 13 mit der Abgasspaltungskammer 3 fluidleitend verbunden. Die Reinigungsvorrichtung 12 ist weiterhin über die Brennkammer-Röckföhrleitung 7 mit der Brennkammer 2 verbunden, so dass ein von der Reinigungsvorrichtung 12 gereinigtes Gas wieder in die Brennkammer 2 rückgeföhrte werden kann. Beispielsweise kann aus der Abgasspaltungskammer 3 ein Gas enthaltend Sauerstoff sowie Schadstoffe durch die Reinigungsvorrichtung-Zuföhrleitung 13 in die Reinigungsvorrichtung 12 abgeföhrte werden. Nach der Reinigung kann dann Sauerstoff durch die Brennkammer-Röckföhrleitung 7 wieder in die Brennkammer 2 abgeföhrte werden, um dort die Effizienz der Verbrennung des Abfalls 1 zu erhöhen.

[0074] Aufgrund der im Betrieb der Müllverbrennungsanlage 300 erzeugten hohen Temperaturen in der Abgasspaltungskammer 3 ist es möglich, dass viele hochtoxische Stoffe in elementare, ungefährliche Bestandteile zerlegt werden. Einige Abfallarten können jedoch Schadstoffe wie Chlor und Fluor erhalten, die nicht in die Umwelt gelandet werden dürfen. Mit der Müllverbrennungsanlage 300 kann schadstoffhaltiger Abfall 1 verbrannt werden, wobei Sauerstoff und die nicht-beseitigten Schadstoffe in die Reinigungsanlage 12 abgeföhrte und in der Reinigungsanlage 12 nach bekannten Verfahren, z.B. durch Sorptionsmittel, behandelt werden. Beispielsweise können die Schadstoffe zusammen mit Sauerstoff aus der Abgasspaltungskammer 3 abgeföhrte werden. Der gereinigte Sauerstoff kann dann über die Brennkammer-Röckföhrleitung 7 in die Brennkammer 2 und somit dem Kreislauf wieder zugeföhrte werden. Die behandelten Schadstoffe können separat aus einem Auslass 14 der Reinigungsvorrichtung 12 abgeföhrte werden.

[0075] Figur 4 zeigt schematisch und beispielhaft eine Müllverbrennungsanlage 400, die die gleichen Elemente wie die mit Bezug auf Figur 1A beschriebene Müllverbrennungsanlage 100 und zusäztlich eine Abgasspaltungskammer-Zuföhrleitung 15 aufweist. Die Abgasspaltungskammer-Zuföhrleitung 15 ist mit der Abgasspaltungskammer 3 fluidleitend verbunden. Durch die Abgasspaltungskammer-Zuföhrleitung 15 kann ein Gas aufweisend CO_2 in die Abgasspaltungskammer 3 eingeleitet werden. Weiterhin weist die Müllverbrennungsanlage 400 eine Brennkammer-Zuföhrleitung 17 auf, die mit der Brennkammer 2 fluidleitend verbunden ist. Durch die Brennkammer-Zuföhrleitung 17 kann ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff in die Brennkammer 2 eingeleitet werden. Beispielsweise kann die Brennkammer-Zu-

föhrleitung 17 mit einer externen Sauerstoffquelle verbunden sein, die ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff enthält. Das Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff kann beispielsweise bei Inbetriebnahme der Müllverbrennungsanlage 400 in die Brennkammer eingeleitet werden, um die Effizienz beim Verbrennen des Abfalls zu steigern.

[0076] Die Müllverbrennungsanlage 400 kann somit neben der thermischen Abfallbehandlung auch zur Minderung eines CO₂-Ausstoßes bei externen industriellen Prozessen verwendet werden. Beispielsweise haben viele Kunststoffe einen sehr hohen Wasserstoffgehalt und keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff. Die vielverwendeten Polymere wie Polyethylen (C₂H₄)_n und Polypropylen (C₃H₆)_n enthalten auf ein Kohlenstoffatom zwei Wasserstoffatome. Bei der Verbrennung dieser Polymere beträgt der Heizwert typischerweise mehr als 46 MJ/kg. Für Kohlenstoff liegt dieser Wert typischerweise bei ca. 30 MJ/kg. Die Energiedifferenz wird mit der Müllverbrennungsanlage 400 im erzeugten Wasserstoff erhalten. Dieser überschüssige Wasserstoff kann als Energiequelle für die Spaltung von zusätzlichen Mengen von Kohlenstoffdioxid verwendet werden, der über die Abgasspaltungskammer-Zufhrleitung 15 in die Abgasspaltungskammer 3 eingeführt werden kann. Die eingeführten zusätzlichen Mengen von Kohlenstoffdioxid können z.B. aus einem Kohle- oder Gaskraftwerk stammen. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung der Müllverbrennungsanlage 400 in Kombination mit der Stahlindustrie, weil der entstehende Kohlenstoff gleich als Reduktionsmittel bei der Produktion von Stahl benutzt werden kann. Wenn die Müllverbrennungsanlage 400 auf diese Weise zusammen mit der Stahlindustrie verwendet werden soll, kann es vorteilhaft sein, wenn der Abfall vorher sortiert wird, damit der zu verbrennende Abfall einen möglichst hohen Anteil an Kunststoffen aufweist.

[0077] Die Figuren 5 bis 9 zeigen eine Müllverbrennungsanlage 500 zum Verbrennen von Abfall in unterschiedlichen Darstellungen und Perspektiven.

[0078] Figur 5 zeigt schematisch und beispielhaft die Müllverbrennungsanlage 500 zum Verbrennen von Abfall. Die Müllverbrennungsanlage 500 weist eine Brennkammer 502 auf, mit einer Öffnung 504, durch die Abfall in die Brennkammer 502 eingefüllt werden kann. Mit einem Brenner (nicht gezeigt), werden die Abfälle in der Brennkammer 502 verbrannt.

[0079] Bei der Verbrennung des Abfalls entstehende Rauchgase können als Abgas durch ein Rohrstück 505, z.B. ein Edelstahl- bzw. Quarzrohr oder ein hitzebeständiges Keramikrohr, in eine Abgasspaltungskammer 506 der Müllverbrennungsanlage 500 abgeführt werden. Dafür ist das Rohrstück mit einer Einlassseite 501 der Abgasspaltungskammer 506 fluidleitend verbunden. In der Abgasspaltungskammer 506 werden die Abgase mit einer Heizvorrichtung auf mindestens 3000 °C erhitzt, so dass in den Abgasen enthaltenes CO₂ und H₂O wenigstens teilweise in die Bestandteile CO, O₂ und H₂ aufgespalten wird. Weiterhin ist in der Abgasspaltungskammer

506 ein Laufrad mit Schaufeln (nicht gezeigt) angeordnet. Das Laufrad kann in der Abgasspaltungskammer 506 um eine Drehachse rotiert werden. Dadurch wird das Abgas ebenfalls in der Abgasspaltungskammer 506 in Rotation versetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Molekularmassen werden die aufgespaltenen Bestandteilen des Abgases und, falls, vorhanden, auch nicht-aufgespaltene Gase durch wirken der Zentrifugalkraft in Schichten voneinander separiert. Dabei wird der leichteste Stoff ins Drehzentrum und die übrigen Stoffe in der Reihenfolge ihrer Molekularmassen schichtweise immer mehr in Richtung der Kammerwand verdrängt.

[0080] Auf einer Auslassseite 503 der Abgasspaltungskammer 506 befinden sich drei Auslässe 508, 510, 512. Der Auslass 508 ist über eine Abgasspaltungskammer-Rckfhrleitung 514 mit der Abgasspaltungskammer 506 verbunden. Der Auslass 508 ist nahe der Kammerwand der Abgasspaltungskammer 506 angeordnet, so dass durch diesen CO₂ als schweres Gasprodukt entnommen werden kann. Das nicht aufgespaltene CO₂ kann so durch die Abgasspaltungskammer-Rckfhrleitung 514 wieder zurck in die Abgasspaltungskammer 506 geführt werden, um dann wieder erneut mittels der Heizvorrichtung auf mindestens 3000 °C aufgeheizt zu werden. Das Rohrstück 505 kann auch doppelwandig ausgestaltet sein. In diesem Fall ist es bevorzugt, wenn die Abgasspaltungskammer-Rckfhrleitung 514 fluidleitend mit dem Zwischenraum zwischen den Wänden des doppelwandigen Rohrstücks verbunden ist, so dass rückgeführtes CO₂ in den Zwischenraum strömen kann, um so die innere Wand des Rohrs durch vergleichsweise kälteres CO₂ zu kühlen. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn die Abgase aus der Brennkammer 502 sehr heiß sind, wenn sie durch das Rohrstück 505 in die Abgasspaltungskammer 506 strömen. Beispielsweise können Abgase eine Temperatur von 2000 °C oder mehr haben. Durch kühlen des Rohrstücks 505 kann eine Überhitzung des Rohrstücks 505 effektiv vermieden werden. Bevorzugt weit das doppelwandige Rohrstück eine Öffnung auf, die den Zwischenraum mit dem Innenraum des Rohrstücks verbindet, so dass rückgeführtes CO₂ aus dem Zwischenraum in den Innenraum des Rohrstücks und dann erneut in die Abgasspaltungskammer 506 strömen kann.

[0081] Zum Absaugen des nicht-aufgespaltenen CO₂ weist die Abgasspaltungskammer-Rckfhrleitung 514 eine erste Pumpe 516 auf. Im Zentrum der Auslassseite 503 befindet sich der zweite Auslass 510. Durch diesen Auslass 510 kann über eine Brennstoffzellen- bzw. Stromgenerator-Zufhrleitung 518 der leichteste Stoff, also insbesondere H₂, zu einer Brennstoffzelle oder einen Stromgenerator 520 geführt werden, um dort aus dem Wasserstoff mit der Brennstoffzelle oder dem Stromgenerator 520 Strom zu erzeugen. Zum Absaugen von H₂ weist die Brennstoffzellen- bzw. Stromgenerator-Zufhrleitung 518 eine zweite Pumpe 519 auf. Der erzeugte Strom wird über eine elektrische Leitung 522 zu der Heizvorrichtung geleitet, und dazu verwendet, das

Abgas auf 3000 °C oder mehr zu erhitzen.

[0082] In einem radialen Abstand, der zwischen dem Abstand des ersten Auslasses 508 und des zweiten Auslasses 510 liegt, befindet sich der dritte Auslass 512. Durch diesen dritten Auslass 512 kann z.B. Oz aus der Abgasspaltungskammer 506 entnommen werden, in dem dieser mittels einer dritten Pumpe 524 aus der Abgasspaltungskammer 506 abgesaugt wird. Das abgesaugte Oz kann dann mittels einer Brennkammer-Rückführleitung 526 zurück in die Brennkammer 502 abgeführt werden, damit die Effizienz der Verbrennung des Abfalls erhöht werden kann.

[0083] Figur 6 zeigt die mit Bezug auf die Figur 5 beschriebene Müllverbrennungsanlage 500 in einer Seitenansicht und im Betrieb. Aus der Brennkammer 502 werden bei der Verbrennung von Abfall entstehende Abgase 602 durch das Rohrstück 505 in die Abgasspaltungskammer 506 abgeführt und dort erhitzt und zur räumlichen Trennung der Spaltprodukte innerhalb der Abgasspaltungskammer 506 mit einem Laufrad mit Schaufeln in Rotation versetzt. Alternativ oder zusätzlich zu einem Laufrad mit Schaufeln könnte in der Abgasspaltungskammer 506 auch ein Ventilator angeordnet sein, um das Abgas 602 in der Abgasspaltungskammer 506 in Rotation zu versetzen. Wiederum alternativ oder auch zusätzlich könnte die Müllverbrennungsanlage 500 auch einen Antrieb, beispielsweise einen Riemenantrieb, aufweisen, der angeordnet und ausgebildet ist, die Abgasspaltungskammer 506 selbst zu rotieren. Durch die Rotation der Abgasspaltungskammer 506 wird dann auch das in der Abgasspaltungskammer 506 vorhandene Abgas 602 in Rotation versetzt. Durch den ersten Auslass 508 wird COz 604 mittels der ersten Pumpe 516 abgesaugt und zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer 506 befördert. Das abgesaugte COz 604 strömt dann erneut in die Abgasspaltungskammer 506, um dort erhitzt und aufgespalten zu werden. Durch den zweiten Auslass 510 wird H₂ 606 mittels der zweiten Pumpe 519 abgesaugt und zu einer Brennstoffzelle oder einem Stromgenerator 520 befördert. Durch den dritten Auslass 512 wird Oz 608 mit der dritten Pumpe 524 abgesaugt und durch die Brennkammer-Rückführleitung 526 zurück in die Brennkammer 502 geführt.

[0084] Figur 7 zeigt die mit Bezug auf die Figuren 5 und 6 beschriebene Müllverbrennungsanlage 500 in einer Schnittansicht und ebenfalls im Betrieb. In der Schnittansicht ist erkennbar, dass in der Brennkammer 502 Abfall 702 angeordnet ist. Durch Verbrennen des Abfalls 702 entstehen Rauchgase 704, die als Abgase 602 durch das Rohrstück 505 in die Abgasspaltungskammer 506 befördert werden. Weiterhin ist erkennbar, dass die Abgase 704 in der Abgasspaltungskammer 506 rotiert werden. Während die Abgase 704 in der Abgasspaltungskammer 506 rotieren, werden sie mit der Heizvorrichtung 706, die hier als Lichtbogenheizung ausgebildet ist, auf mindestens 3000 °C erhitzt, so dass in dem Abgas 704 enthaltenes CO₂ und H₂O jeweils aufgespalten wird.

[0085] Figur 8 zeigt die mit Bezug auf die Figuren 5 bis

7 beschriebene Müllverbrennungsanlage 500 in einer Perspektivansicht, in der die Einlassseite 501 der Abgasspaltungskammer 506 erkennbar ist. Das Rohrstück 505 ist mit der Einlassseite 501 der Abgasspaltungskammer 506 verbunden, so dass durch das Rohrstück 505 ein Abgas aus der Brennkammer 502 in die Abgasspaltungskammer 506 strömen kann. Weiterhin ist mit dem Rohrstück die Abgasspaltungskammer-Rückführleitung 514 verbunden, so dass aus der Abgasspaltungskammer 506 entnommenes CO₂ wieder in durch das Rohrstück 505 in die Abgasspaltungskammer 506 strömen kann.

[0086] Figur 9 zeigt die mit Bezug auf die Figuren 5 bis 8 beschriebene Müllverbrennungsanlage 500 in einer Perspektivansicht, in der die Auslassseite 503 der Abgasspaltungskammer 506 erkennbar ist. Auf der Auslassseite 503 der Abgasspaltungskammer 506 befinden sich der erste Auslass 508, der nahe der Kammerwand der Abgasspaltungskammer 506 angeordnet ist und durch den CO₂ entnommen werden kann. Weiterhin befindet sich im Zentrum der Auslassseite 503 der Abgasspaltungskammer 506 der zweite Auslass 510, durch den H₂ entnommen werden kann. Außerdem befindet sich in einem mittleren Abstand zwischen dem Zentrum und der Kammerwand der dritte Auslass 512, durch den O₂ entnommen werden kann.

[0087] Die Figuren 10 bis 15 zeigen jeweils eine Brennkammer und eine Abgasspaltungskammer einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer jeweils unterschiedlich relativ zu der Brennkammer angeordnet ist. Die nachfolgend beschriebenen verschiedenen Möglichkeiten, die Abgasspaltungskammer relativ zu der Brennkammer anzuordnen, können auch bei den mit Bezug auf die Figuren 1 bis 9 beschriebenen Müllverbrennungsanlage umgesetzt werden.

[0088] Beispielsweise zeigt Figur 10 eine Brennkammer 1000 und eine Abgasspaltungskammer 1002 einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer 1002 horizontal ausgerichtet seitlich neben der Brennkammer 1000 angeordnet ist. Figur 13 zeigt die Brennkammer 1000 und die Abgasspaltungskammer 1002 in a). b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven.

[0089] Hingegen zeigt Figur 11 eine Brennkammer 1100 und eine Abgasspaltungskammer 1102 einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer 1102 vertikal ausgerichtet seitlich neben der Brennkammer 1100 angeordnet ist. Figur 14 zeigt die Brennkammer 1100 und die Abgasspaltungskammer 1102 in a). b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven.

[0090] Figur 12 zeigt eine Brennkammer 1200 und eine Abgasspaltungskammer 1202 einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammer 1202 vertikal ausgerichtet und oberhalb der Öffnung 1201 der Brennkammer 1200 angeordnet ist. Figur 15 zeigt die Brennkammer 1200 und die Abgasspaltungskammer 1202 in a). b) und c) jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven.

[0091] Die mit Bezug auf die Figuren 1 bis 15 beschrie-

benen Müllverbrennungsanlagen können kontinuierlich betrieben werden. Während des kontinuierlichen Betriebs können die entstehenden festen Endprodukte laufend entfernt werden. Alternativ können die Müllverbrennungsanlagen auch in einem zyklischen Modus betrieben werden, wobei eine Portion Abfall bis zur vollständigen Verbrennung bearbeitet wird. Nach der Verbrennung können feste Endprodukte entfernt werden. Anschließend kann eine weitere Portion Abfall geladen, und der Zyklus wiederholt werden. Der zyklische Modus kann vorteilhaft in kleinen Müllverbrennungsanlagen verwendet werden.

[0092] Figur 16 zeigt ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren zum Verbrennen von Abfall mit einer Müllverbrennungsanlage. Das Verfahren kann beispielweise mit einer der vorstehend mit Bezug auf die Figuren 1 bis 15 beschriebenen Müllverbrennungsanlagen durchgeführt werden.

[0093] In dem Verfahren wird zunächst eine Brennkammer der Müllverbrennungsanlage mit Abfall befüllt (Schritt S1). Die Brennkammer wird dann mit einem Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff befüllt (Schritt S2), das aus einer externen Quelle stammt. Die Brennkammer kann beispielweise über eine Brennkammer-Zuführleitung mit einer Sauerstoffquelle verbunden sein, die ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff enthält. Anschließend wird der Abfall in dem konzentrierten Sauerstoff mit einem Brenner verbrannt (Schritt S3). Beim Verbrennen des Abfalls entstehen Rauchgase als Abgas, die in eine Abgasspaltungskammer abgeführt werden (Schritt S4). Die Abgase enthalten insbesondere CO₂ und H₂O. In der Abgasspaltungskammer werden die Abgase mit einer Heizvorrichtung der Abgasspaltungsvorrichtung der Müllverbrennungsanlage erhitzt (Schritt S5). Das Erhitzen kann beispielsweise mit einer Lichtbogenheizung oder mit einem Mikrowellen-Plasmabrenner oder durch Verbrennen von Wasserstoff mit einem Gasbrenner erfolgen. Mit diesen Methoden lässt sich das Abgas auf mindestens 3000 °C erhitzen, so dass die chemischen Verbindungen CO₂ und H₂O wenigstens teilweise in mehrere Bestandteile aufgespalten werden, insbesondere in die Gasprodukte Oz, CO und H₂ sowie in festen Kohlenstoff. Vorzugsweise zeitgleich mit dem Erhitzen der Abgase wird eine auf das Abgas und die aufgespaltenen Bestandteile eine wirkende Zentrifugalkraft erzeugt (Schritt S6), so dass sich die aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch ein nicht-aufgespalter Rest der chemischen Verbindung, aufgrund ihrer unterschiedlichen Molekularmassen innerhalb der Abgasspaltungskammer räumlich voneinander getrennt werden.

[0094] Insbesondere aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft erfahren das in Rotation versetzte Abgas und die aufgespaltenen Bestandteile eine Trennung von kälteren bzw. schwereren Gasschichten und heißeren bzw. leichteren Gasschichten. Dadurch erfolgt eine Verdrängung des heißeren bzw. leichteren Gases in das Drehzentrum der Abgasspaltungskammer und des kälteren

bzw. schwereren Gases in Richtung Kammerwand. In der Nähe der Kammerwand bildet sich dabei eine wärmeisolierende Gasschicht aus. In dem Drehzentrum der Abgasspaltungskammer werden hingegen hohe Temperaturen von über 3000 °C erzeugt, die für die CO₂-Spaltung benötigt werden. Bei solchen hohen Temperaturen von mindestens 3000 °C werden CO₂-Moleküle in festen Kohlenstoff, O₂ und CO sowie H₂O-Moleküle in H₂ und O₂ gespalten. Diese Bestandteile werden durch das Wirken der Zentrifugalkraft auf die Gase nach ihren Molekularmassen getrennt (Schritt S7). Der leichteste Bestandteil, H₂, sammelt sich im Drehzentrum. In Schichten darum angeordnet folgen Wasserdampf, CO und Oz, und der schwerste Bestandteil, CO₂, wird hin zur Kammerwand verdrängt. Durch verschiedenen chemische Reaktionen wird CO innerhalb der Abgasspaltungskammer wenigstens teilweise wieder zu CO₂ umgewandelt. Die räumlich innerhalb der Abgasspaltungskammer getrennten Gase können dann separat aus der Abgasspaltungskammer abgeführt werden. In dem Verfahren wird dann der nicht-aufgesplante Rest der chemischen Verbindung, insbesondere von CO₂, wenigstens teilweise von einem Auslass der Abgasspaltungskammer zu einem Einlass der Abgasspaltungskammer zurückgeführt (Schritt S8). Der nicht-aufgesplante Rest der chemischen Verbindung strömt dann erneut in die Abgasspaltungskammer ein und wird erneut auf mindestens 3000 °C erhitzt. Kohlenstoffdioxid befindet sich im Kreislauf und wird immer wieder durch die Hochtemperaturzone der Abgasspaltungskammer durchgeführt, bis er vollständig in O₂ und festen Kohlenstoff zerlegt ist.

[0095] Aus der Abgasspaltungskammer wird weiterhin O₂ entnommen und wieder der Brennkammer zugeführt (Schritt S9). Der Sauerstoffgehalt in der Brennkammer kann dann im Laufe der Zeit erhöht werden. Zusätzlich oder alternativ kann der gebildete Sauerstoff in einer Brennstoffzelle oder einem Stromgenerator bzw. einem Gasbrenner für eine Verbrennung von Wasserstoff verwendet werden. Weiterhin kann aus der Abgasspaltungskammer H₂ zur Erzeugung von thermischer Energie verwendet werden. Beispielsweise kann der entnommene Wasserstoff mit einem Gasbrenner verbrannt oder zur Stromerzeugung mit einer Brennstoffzelle oder einem Stromgenerator verwendet werden. Der so erzeugte Strom kann zum Betreiben der Heizvorrichtung und somit zur Erzeugung thermischer Energie in der Abgasspaltungskammer zum Erhitzen der Abgase verwendet werden.

[0096] Figur 17 zeigt schematisch und beispielhaft einen Versuchsaufbau 1700 zur Untersuchung von der Lufttemperaturverteilung in einer rohrförmigen Kammer 1701. Der Versuchsaufbau 1700 weist weiterhin einen Motor 1702 zum Rotieren der Kammer 1701, einen Frequenzumrichter 1703 zum Vorgeben der Drehzahl für die Rotation der Kammer 1701, einen Gasbrenner 1704 zum Erhitzen eines Gases in der Kammer 1701, ein Quarzrohr 1705 zum Einführen eines Gases in die Kammer 1701, acht in der Kammer 1701 angeordnete Thermo-

elemente Typ K 1706, jeweils 5 mm, 17 mm, 29 mm, 42 mm, 54 mm, 66 mm, 78 mm, und 90 mm von der Kammerwand entfernt und einen Platin-Widerstand PT1000 an der Kammerwand sowie ein digitales Messsystem 1707 und einen PC 1708 auf.

Zielstellung und Begründung des Versuchs:

[0097] Untersuchung der Lufttemperaturverteilung in der mit verschiedenen Drehzahlen drehenden rohrförmigen Kammer 1701. Die Temperatur soll mittels der acht Thermoelemente Typ K 1706 im Inneren der Kammer 1701 und mit dem Platin-Widerstand an der Kammerwand gemessen und die Messwerte mit einem kontaktlosen Datenerfassungssystem an den PC 1708 übertragen werden.

Experiment:

[0098] In der Kammer 1701 wird ein Quarzrohr 1705 eingeführt und durch dieses Quarzrohr 1705 wird mittels eines Gasbrenners 1704 die Luft in der Kammer 1701 erhitzt. Die Kammer 1701 wird dabei mit dem Motor 1702 in eine Drehbewegung gebracht. Die Drehzahl des Motors 1702 wird durch den Frequenzumrichter 1703 bestimmt. Im Laufe des Experiments wird die Drehzahl stufenweise erhöht. Die Temperatur in der Kammer 1701 wird mit Thermoelementen 1706 gemessen und mittels digitales Messsystem 1707 an den PC 1708 übertragen.

Stoffe und Messgeräte:

[0099]

Stoffe: Gasgemisch 30% Propan, 70% Butan

Messgeräte: Digitales Datenerfassungssystem und PC

[0100] Figur 18 zeigt ein Messprotokoll 1800 zur Untersuchung der Lufttemperaturverteilung in der Kammer 1701, das mit dem wie mit Bezug auf Fig. 17 beschriebenen Versuchsaufbau 1700 erzeugt wurde.

[0101] Die Messdaten wurden von acht Thermoelementen Typ K 1706, die in verschiedenen Entfernungen von der Kammerwand (von 5 mm bis 90 mm) platziert sind, und einem Platin-Widerstand an der Wand drahtlos an den PC übertragen und mithilfe eines Datenerfassungsprogramms ausgewertet. Die Drehzahl wurde stufenweise auf 74, 155, 245, 275, 400 und 575 Umdrehungen pro Minute eingestellt, Linie 1802.

Auswertung/Ergebnis ggf. mit Fehlerbetrachtung:

[0102] Bei dem Versuch wurden bei verschiedenen Drehzahlen von ca. 74 U/min bis 575 U/min und einfacher Heizung mittels eines Gasbrenners 1704 die Tempera-

turdaten mit acht Thermoelementen Typ K 1706 im Inneren der Kammer 1701 erfasst und mithilfe des kontaktlosen Datenerfassungssystems an den PC 1708 übertragen. Es wurde ein erwarteter Zusammenhang zwischen Drehzahl und Verteilung der Temperaturen in der Kammer 1701 festgestellt.

[0103] Hierbei repräsentiert die Kurve 1804 den bei einem Abstand von 5 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1806 den bei einem Abstand von 17 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1808 den bei einem Abstand von 29 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1810 den bei einem Abstand von 42 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1812 den bei einem Abstand von 54 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1814 den bei einem Abstand von 66 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten, die Kurve 1816 den bei einem Abstand von 78 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten und die Kurve 1818 den bei einem Abstand von 90 mm von der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten. Die Kurve 1820 repräsentiert den an der Kammerwand gemessenen Temperaturverlauf über eine Zeitdauer von ca. 13 Minuten.

[0104] Figur 19 zeigt schematisch und beispielhaft eine Brennkammer 1900 und zwei Abgasspaltungskammern 1902, 1904 einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Abgasspaltungskammern 1902, 1904 in Reihe geschaltet sind. Die Anordnung mit einer Brennkammer 1900 und mit zwei (oder mehr) in Reihe geschalteten Abgasspaltungskammern 1902, 1904 kann auch bei den mit Bezug auf die Figuren 1 bis 18 beschriebenen Müllverbrennungsanlagen realisiert werden.

[0105] Abgase aus der Brennkammer 1900 können über ein Rohrstück 1906 in die erste Abgasspaltungskammer 1902 einer ersten Abgasspaltungsvorrichtung strömen. In der ersten Abgasspaltungskammer 1902 kann das Abgas mit einer ersten Heizvorrichtung auf 3000 °C oder mehr erhitzt werden, so dass eine in dem Abgas enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil und in einen zweiten Bestandteil aufgespalten werden kann. Ein nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung kann wenigstens teilweise über eine erste Abgasspaltungskammer-Rückführleitung 1908 von einem ersten Auslass der Abgasspaltungskammer 1902 zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer 1902 weitergeführt werden, um dann erneut in die Abgasspaltungskammer 1902 zu strömen. Über eine zweite Abgasspaltungskammer-Rückführleitung 1910 kann ein nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung wenigstens teilweise in

die zweite Abgasspaltungskammer 1904 einer zweiten Abgasspaltungsvorrichtung strömen. Die zweite Abgasspaltungsvorrichtung weist eine zweite Heizvorrichtung auf, mit welcher der nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung auf 3000 °C oder mehr erhitzt werden kann, so dass die nicht-aufgespaltene chemische Verbindung wiederum wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil und in einen zweiten Bestandteil aufgespalten werden kann. Optional kann ein nicht-aufgespaltener Rest der chemischen Verbindung aus der zweiten Abgasspaltungskammer 1904 erneut über eine nicht-dargestellte dritte Abgasspaltungskammer-Rückführleitung erneut in die zweite Abgasspaltungskammer 1904 abgeführt werden. Es ist auch möglich, dass sich an die zweite Abgasspaltungskammer 1904 eine nicht-dargestellte dritte Abgasspaltungskammer einer dritten Abgasspaltungsvorrichtung anschließt, in die ein nicht-aufgespaltener Rest der chemischen Verbindung aus der zweiten Abgasspaltungskammer 1904 abgeführt werden kann.

[0106] Figur 20 zeigt schematisch und beispielhaft zwei Brennkammern 2000, 2002 und eine Abgasspaltungskammer 2004 einer Müllverbrennungsanlage, die so fluidleitend miteinander verbunden sind, dass in die Abgasspaltungskammer 2004 Abgase aus beiden der Brennkammern 2000, 2002 eingeleitet werden können. Die Anordnung mit zwei Brennkammern 2000, 2002 und mit einer Abgasspaltungskammer 2004 kann auch bei den mit Bezug auf die Figuren 1 bis 18 beschriebenen Müllverbrennungsanlagen realisiert werden. Zum Befüllen der Abgasspaltungskammer 2004 mit Abgasen sind die erste Brennkammer 2000 über ein erstes Rohrstück 2006 und die zweite Brennkammer 2002 über ein zweites Rohrstück 2008 fluidleitend mit der Abgasspaltungskammer 2004 verbunden. Jedes der Rohrstücke 2006, 2008 kann über einen separaten Einlass mit der Abgasspaltungskammer 2004 verbunden sein. Dies ermöglicht es, dass im Betrieb individuell geregelt werden kann, dass nur aus einer, aus beiden oder aus keiner der Brennkammern 2000, 2002 Abgase in die Abgasspaltungskammer 2004 eingeleitet werden.

[0107] Figur 21 zeigt schematisch und beispielhaft eine Brennkammer 2100 und zwei Abgasspaltungskammern 2102, 2104 einer Müllverbrennungsanlage, wobei die beiden Abgasspaltungskammern 2102, 2104 unabhängig voneinander mit Abgasen aus der Brennkammer 2100 befüllt werden können. Die Anordnung mit einer Brennkammer 2100 und zwei unabhängig voneinander befüllbaren Abgasspaltungskammern 2102, 2104 kann auch bei den mit Bezug auf die Figuren 1 bis 18 beschriebenen Müllverbrennungsanlagen realisiert werden.

[0108] Die erste Abgasspaltungskammer 2102 ist über ein erstes Rohrstück 2106 mit der Brennkammer 2100 fluidleitend verbunden, so dass Abgas aus der Brennkammer 2100 in die erste Abgasspaltungskammer 2102 eingeleitet werden kann. Die zweite Abgasspaltungskammer 2104 ist über ein zweites Rohrstück

2108 mit der Brennkammer 2100 fluidleitend verbunden, so dass Abgas aus der Brennkammer 2100 in die zweite Abgasspaltungskammer 2104 eingeleitet werden kann. Durch das erste und das zweite Rohrstück 2106, 2108 kann unabhängig voneinander Abgas in die erste Abgasspaltungskammer 2102 bzw. die zweite Abgasspaltungskammer 2104 eingeführt werden. Daher ist es auch möglich, im Betrieb der Müllverbrennungsanlage nur eine der beiden Abgasspaltungskammern 2102, 2104 zu nutzen und das Rohrstück der anderen Abgasspaltungskammer der Abgasspaltungskammern 2102, 2104 zu verschließen, z.B. mit einem Ventil. Aus derjenigen der beiden Abgasspaltungskammern 2102, 2104, die gerade nicht in Betrieb ist, kann beispielsweise fester Kohlenstoff entnommen werden.

Patentansprüche

1. Müllverbrennungsanlage, aufweisend.

- mindestens eine Brennkammer (2), die so ausgebildet ist, dass Abfall (1) in dieser verbrannt werden kann,
- einen Brenner, der angeordnet und ausgebildet ist, in der Brennkammer (2) befindlichen Abfall zu verbrennen,
- mindestens eine Abgasspaltungsvorrichtung aufweisend eine Abgasspaltungskammer (3) und eine Heizvorrichtung, wobei die Abgasspaltungskammer (3) einen Einlass hat, der fluidleitend mit der Brennkammer (2) verbunden ist, so dass bei der Verbrennung von Abfall (1) entstehende Abgase (5) von der Brennkammer (2) durch den Einlass in die Abgasspaltungskammer (3) strömen können, und wobei die Heizvorrichtung ausgebildet ist, ein in der Abgasspaltungskammer (3) vorhandenes Abgas (5) auf mindestens 3000 °C zu erhitzen, so dass wenigstens eine in dem Abgas (5) enthaltene chemische Verbindung wenigstens teilweise in einen ersten Bestandteil, vorzugsweise in ein leichteres Gasprodukt, und in einen zweiten Bestandteil, vorzugsweise in ein schwereres Gasprodukt, aufgespalten werden kann, und wobei die Abgasspaltungskammer (3) ausgebildet ist, durch Erzeugen einer Zentrifugalkraft jeweils die ersten und zweiten aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch einen nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung, innerhalb der Abgasspaltungskammer (3) räumlich voneinander zu trennen, vorzugsweise derart, dass aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft das leichtere Gasprodukt in Richtung eines Drehzentrums der Abgasspaltungskammer (3) und das schwerere Gasprodukt in Richtung einer Kammerwand der Abgasspaltungskammer (3) verdrängt wird, und falls

- vorhanden, der nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung als schwerstes Gas vergleichsweise am Weitesten in Richtung der Kammerwand der Abgasspaltungskammer (3) verdrängt wird, und
- mindestens eine Abgasspaltungskammer-Rückführleitung (6), die i) einen Auslass der Abgasspaltungskammer (3) mit dem Einlass der Abgasspaltungskammer (3) verbindet, so dass der in der Abgasspaltungskammer (3) enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem Auslass der Abgasspaltungskammer (3) zu dem zweiten Einlass der Abgasspaltungskammer (3) wenigstens teilweise zurückgeführt werden kann, um dann erneut in die Abgasspaltungskammer (3) zu strömen, und/oder, falls die Müllverbrennungsanlage eine weitere Abgasspaltungsvorrichtung aufweist, die ii) einen Auslass der Abgasspaltungskammer (3) mit einem Einlass einer Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung verbindet, so dass der in der Abgasspaltungskammer (3) enthaltene nicht-aufgespaltene Rest der chemischen Verbindung von dem Auslass der Abgasspaltungskammer (3) zu dem Einlass der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung wenigstens teilweise weitergeführt werden kann, um dann in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung zu strömen.
2. Müllverbrennungsanlage nach Anspruch 1, wobei die Heizvorrichtung einen mit der Abgasspaltungskammer (3) fluidverbundenen Gasbrenner zum Verbrennen von aus der Abgasspaltungskammer (3) entnommenen Wasserstoff und/oder eine Lichtbogenheizung und/oder einen Mikrowellen-Plasmbrenner (9) aufweist, der bzw. die angeordnet und ausgebildet ist, in der Abgasspaltungskammer (3) befindliche Abgase (5) durch Verbrennen von Wasserstoff und/oder Erzeugen eines Lichtbogens und/oder eines Mikrowellen-Plasmas auf mindestens 3000 °C zu erwärmen.
 3. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine Brennkammer-Rückführleitung (7), die einen zweiten Auslass der Abgasspaltungskammer (3) und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung und die Brennkammer (2) fluidleitend miteinander verbindet, so dass wenigstens einer der mehreren aufgespaltenen Bestandteile in die Brennkammer (2) zurückgeleitet werden kann.
 4. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine erste Abgasspaltungsvorrichtung mit einer ersten Abgasspaltungskammer, die über eine erste Abgasspaltungskammer-Rückführleitung mit der Brennkammer (2) verbunden ist, und eine zweite Abgasspaltungsvorrichtung mit einer zweiten Abgasspaltungskammer, die über eine zweite Abgasspaltungskammer-Rückführleitung mit der Brennkammer (2) verbunden ist, wobei das Abgas (5) in die erste Abgasspaltungskammer unabhängig von der zweiten Abgasspaltungskammer abgeführt werden kann und umgekehrt.
 5. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine Brennstoffzelle oder einen Gasturbinenstromgenerator oder einen Verbrennungsmotorstromgenerator (4), die bzw. der fluidleitend mit der Abgasspaltungskammer (3) und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, verbunden ist, so dass aus dem Abgas (5) gewonnener Wasserstoff und/oder Sauerstoff durch die Brennstoffzelle oder den Gasturbinenstromgenerator oder den Verbrennungsmotorstromgenerator (4) in elektrische Energie gewandelt werden kann.
 6. Müllverbrennungsanlage nach Anspruch 5, wobei die Brennstoffzelle oder der Gasturbinenstromgenerator oder der Verbrennungsmotorstromgenerator (4) elektrisch leitend mit der Heizvorrichtung verbunden ist, so dass von der Brennstoffzelle oder dem Gasturbinenstromgenerator oder dem Verbrennungsmotorstromgenerator (4) erzeugte elektrische Energie durch die Heizvorrichtung in thermische Energie gewandelt werden kann.
 7. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine Brennkammer-Zuführleitung (17), die mit der Brennkammer (2) fluidleitend verbunden ist, und durch die ein Gas mit wenigstens 30 % Sauerstoff in die Brennkammer (2) eingeleitet werden kann.
 8. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine Reinigungsvorrichtung (12), die mit der Abgasspaltungskammer (3) und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, fluidleitend verbunden und ausgebildet ist, aus der entsprechenden Abgasspaltungskammer (3) abgeführte Abgase (5) und/oder das Gas aufweisend wenigstens einen der mehreren aufgespaltenen Bestandteile zu reinigen.
 9. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine Abgasspaltungskammer-Zuführleitung (15), die mit der Abgasspaltungskammer (3) und/oder, falls vorhanden,

den, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, fluidleitend verbunden ist, und durch die ein Gas aufweisend CO_2 in die jeweilige Abgasspaltungskammer (3) eingeleitet werden kann.

10. Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend eine erste Brennkammer, die mittels einem ersten Rohrstück mit der Abgasspaltungskammer (3) verbunden ist, und eine zweite Brennkammer, die über zweites Rohrstück mit der Abgasspaltungskammer (3) verbunden ist, so dass die Abgasspaltungskammer (3) mit Abgas entweder nur aus der ersten Brennkammer oder mit Abgas nur aus der zweiten Brennkammer oder mit Abgas aus der ersten Brennkammer und der zweiten Brennkammer befüllt werden kann.

11. Verwendung der Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Verbrennen von Abfall (1).

12. Verfahren zum Verbrennen von Abfall in einer Müllverbrennungsanlage, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Bereitstellen von Abfall (1) in einer Brennkammer (2) der Müllverbrennungsanlage,
- Verbrennen des Abfalls (1),
- Abführen von bei der Verbrennung des Abfalls (1) entstehender Abgase (5) aufweisend CO_2 und H_2O in eine Abgasspaltungskammer (3) einer Abgasspaltungsvorrichtung,
- Erhitzen der Abgase (5) in der Abgasspaltungskammer (3) mit einer Heizvorrichtung der Abgasspaltungsvorrichtung auf mindestens 3000°C , so dass die chemischen Verbindungen CO_2 und H_2O wenigstens teilweise in mehrere Bestandteile aufgespalten werden, insbesondere in O_2 und H_2 sowie in festen Kohlenstoff,
- Erzeugen einer auf die aufgespaltenen Bestandteile wirkende Zentrifugalkraft innerhalb der Abgasspaltungskammer (3), so dass die aufgespaltenen Bestandteile und, falls vorhanden, auch ein nicht-aufgespaltenen Rest der chemischen Verbindung aufgrund unterschiedlicher Molekularmassen räumlich voneinander getrennt werden, und
- wenigstens teilweises Zurückführen des nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindung, insbesondere von CO_2 , von einem Auslass der Abgasspaltungskammer i) zu einem Einlass der Abgasspaltungskammer, so dass der nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindungen erneut in die Abgasspaltungskammer eingeführt wird, oder wenigstens teilweises Zurückführen des nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindung, insbe-

sondere von CO_2 , von einem Auslass der Abgasspaltungskammer ii) zu einem Einlass einer Abgasspaltungskammer einer weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, so dass der nicht-aufgespaltenen Restes der chemischen Verbindungen in die Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung eingeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, weiterhin aufweisend das aus der Abgasspaltungskammer (3) und/oder der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung abgeführter O_2 wieder der Brennkammer (2) zugeführt wird und/oder aus der Abgasspaltungskammer (3) und/oder der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung abgeführtes CO_2 erneut der Abgasspaltungskammer (3) zugeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, weiterhin aufweisend das aus der Abgasspaltungskammer (3) und/oder, falls vorhanden, der Abgasspaltungskammer der weiteren Abgasspaltungsvorrichtung, abgeführter H_2 zur Erzeugung von thermischer Energie verwendet wird und wenigstens teilweise mit der erzeugten thermischen Energie in der Abgasspaltungskammer (3) befindliche Abgase (5) erhitzt werden.

15. Verfahren zur Wartung oder Reparatur der Müllverbrennungsanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Verfahren aufweist, dass die Brennkammer (2), der Brenner, die Abgasspaltungsvorrichtung oder die weitere Abgasspaltungsvorrichtung, die Brennkammer-Rückführleitung (7), die Heizvorrichtung (9), die Brennstoffzelle (4), der Gasturbinenstromgenerator oder der Verbrennungsmotorstromgenerator (4), die Reinigungsvorrichtung (12), die Abgasspaltungskammer-Zuführleitung (15) und/oder die Brennkammer-Zuführleitung (17) repariert oder ersetzt wird.

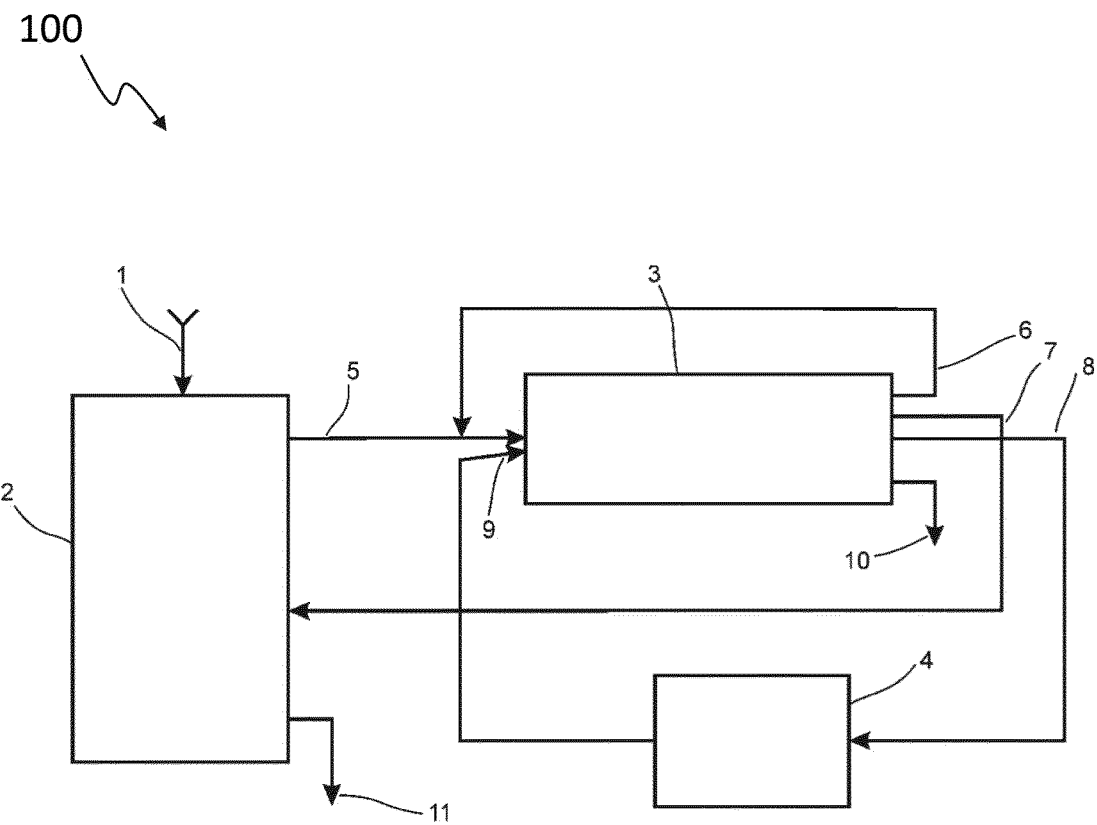


Fig. 1A

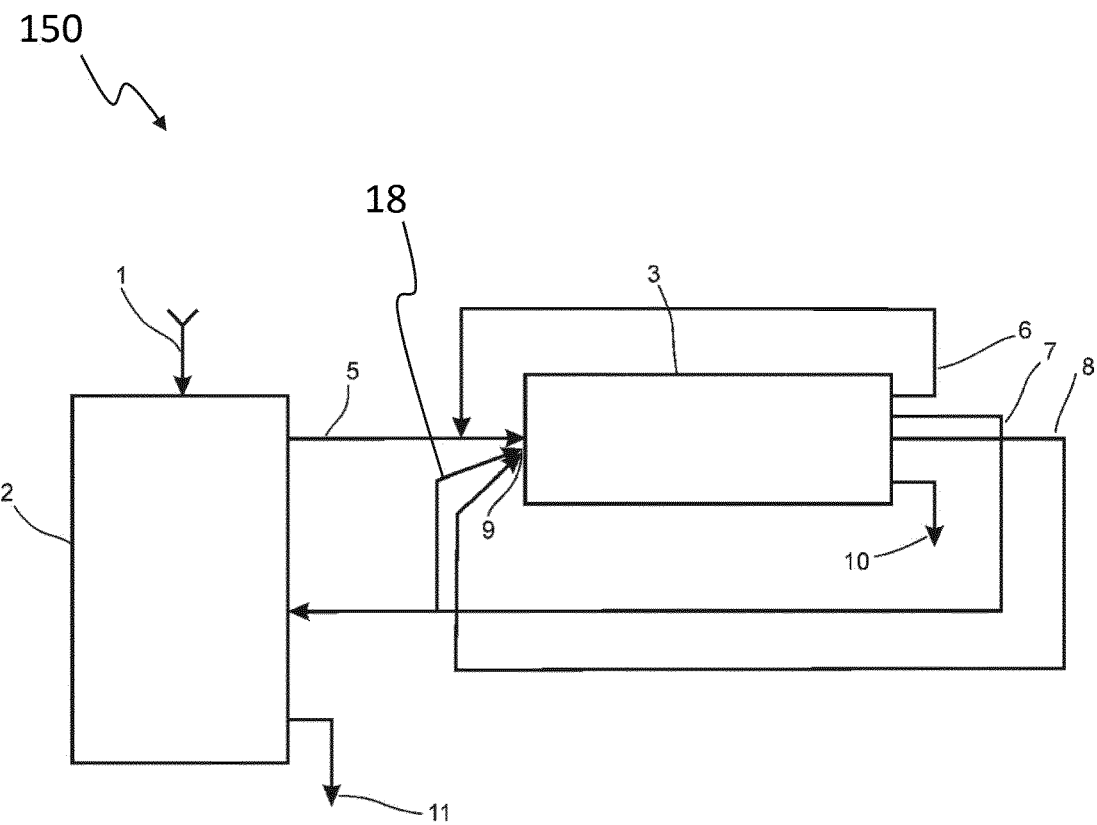


Fig. 1B

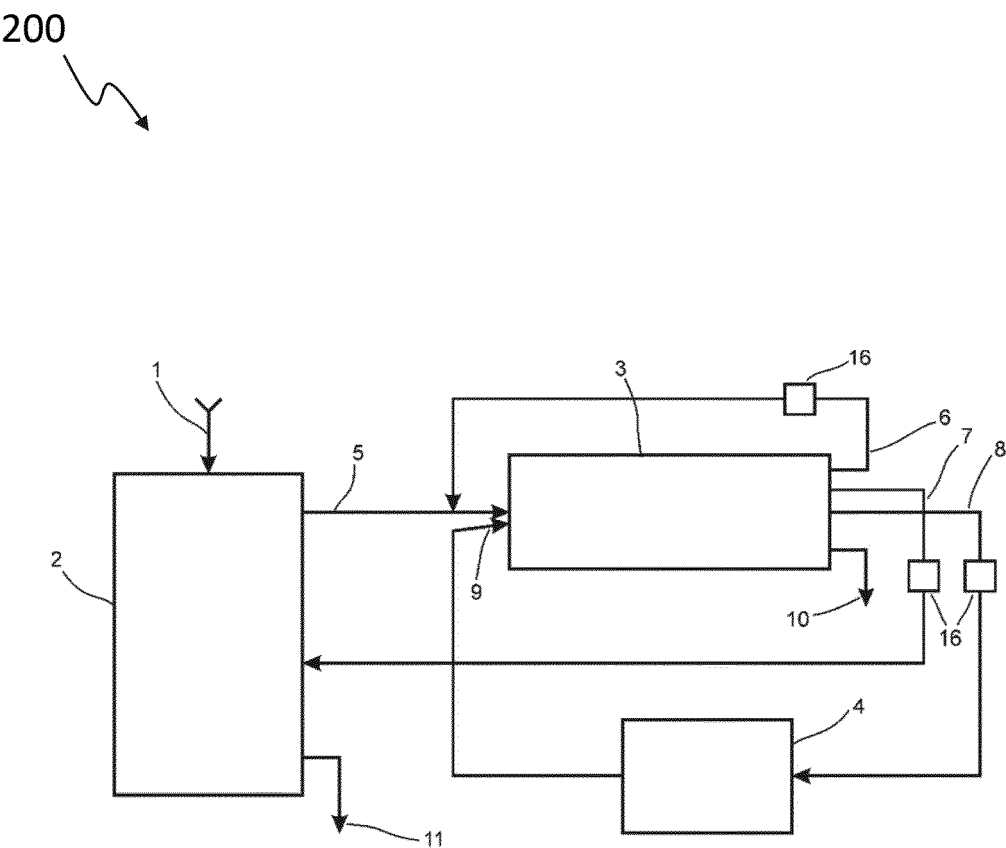


Fig. 2

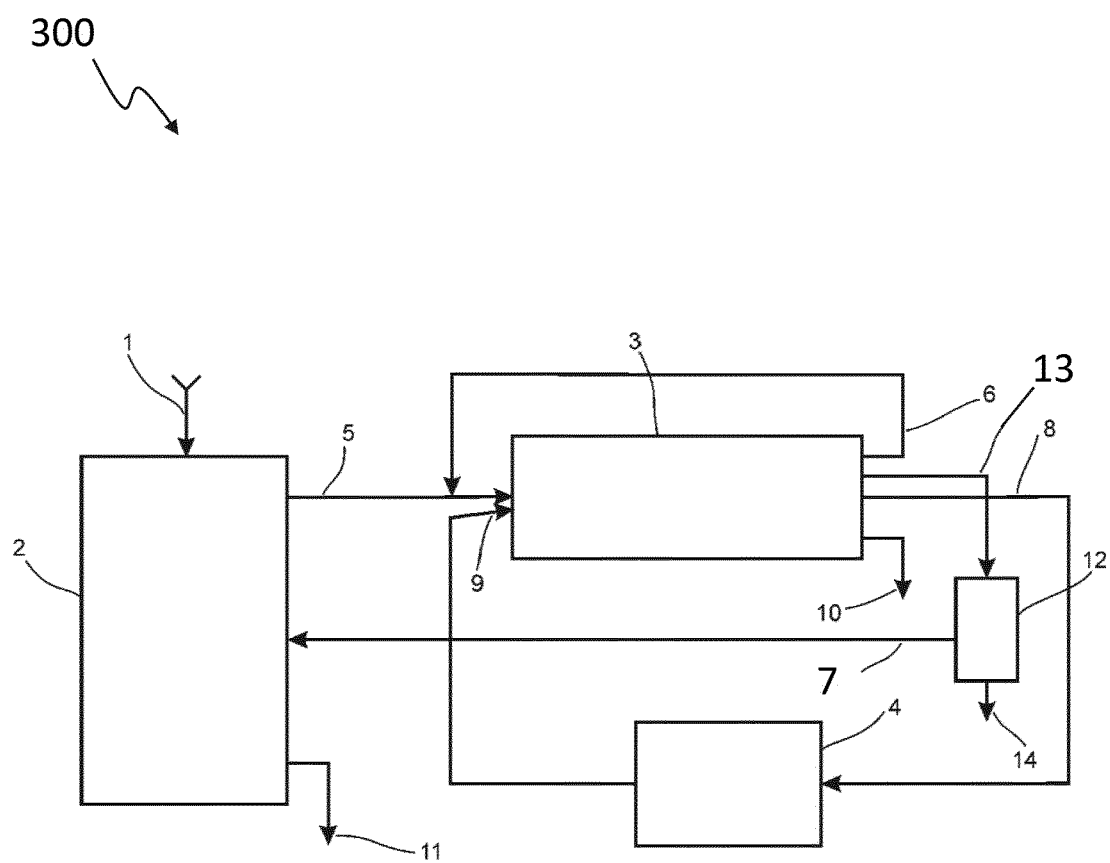


Fig. 3

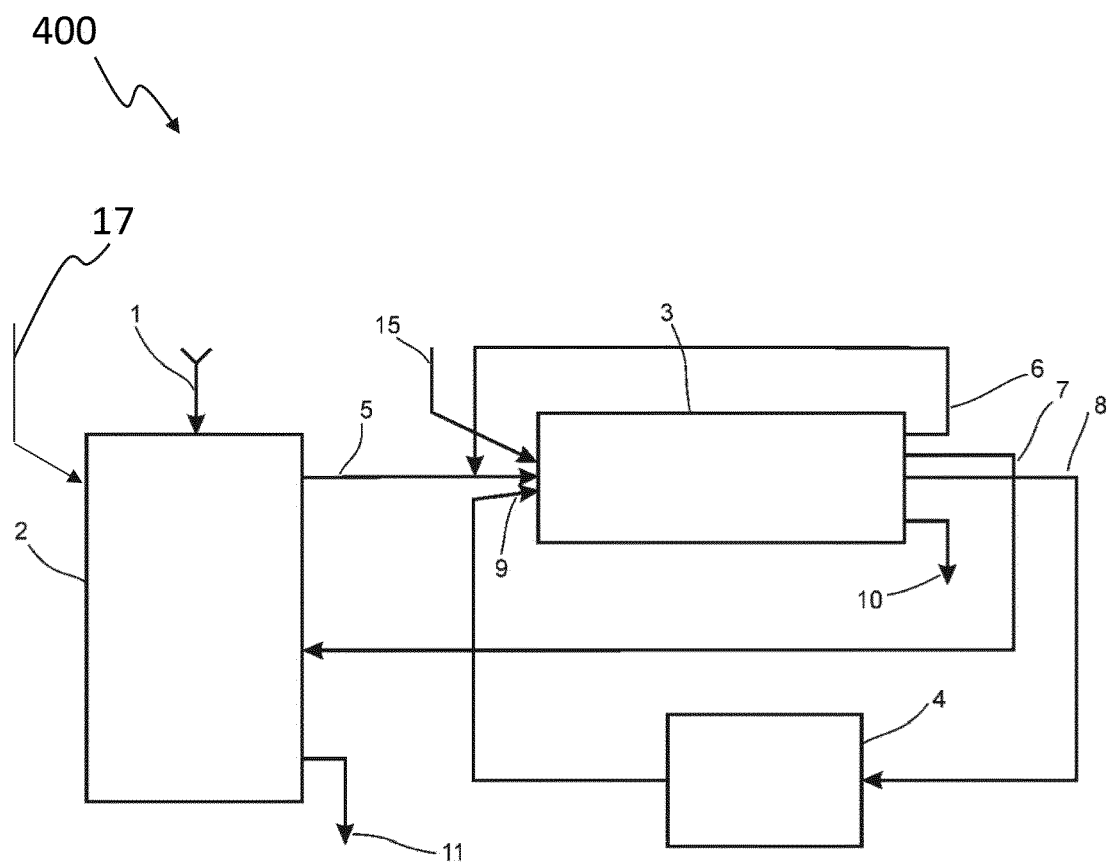


Fig. 4

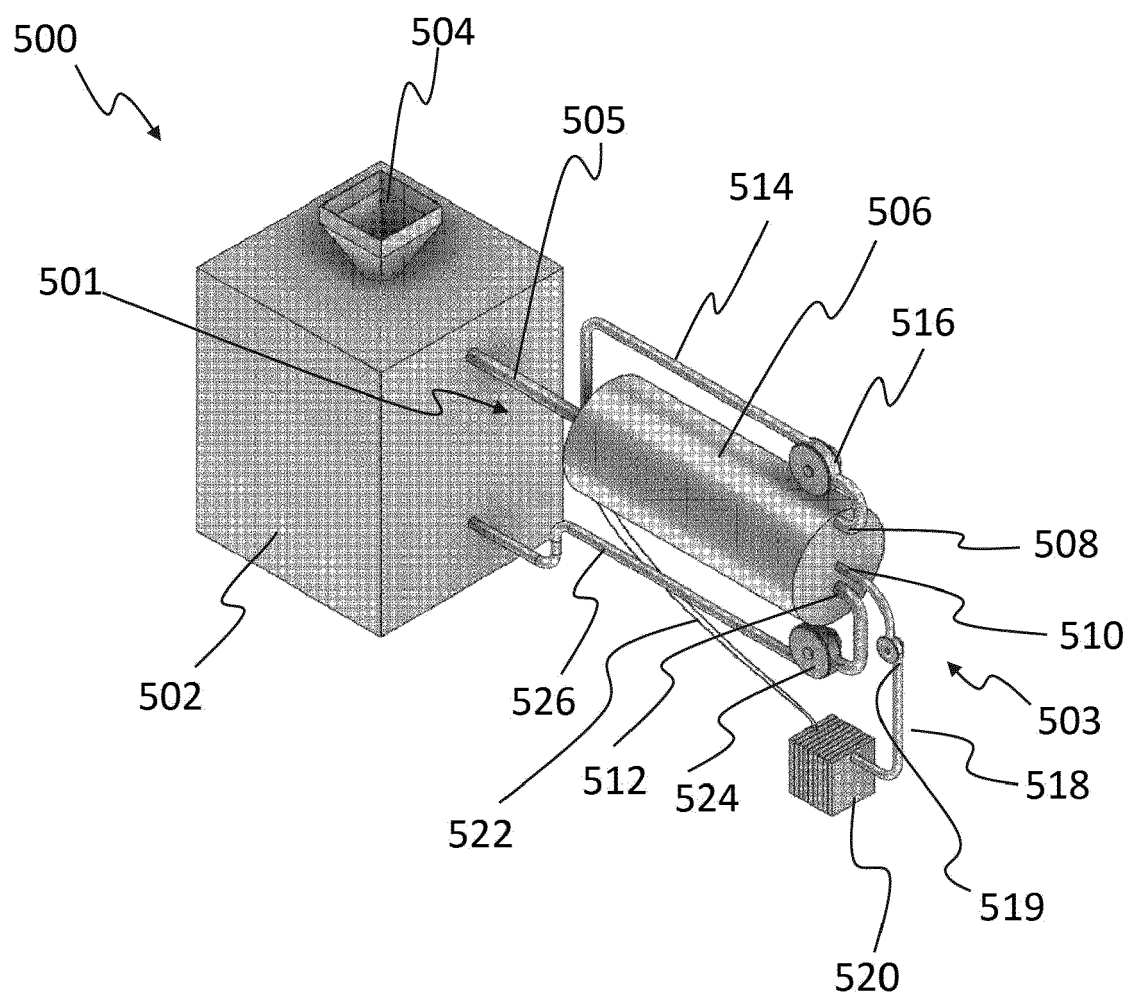
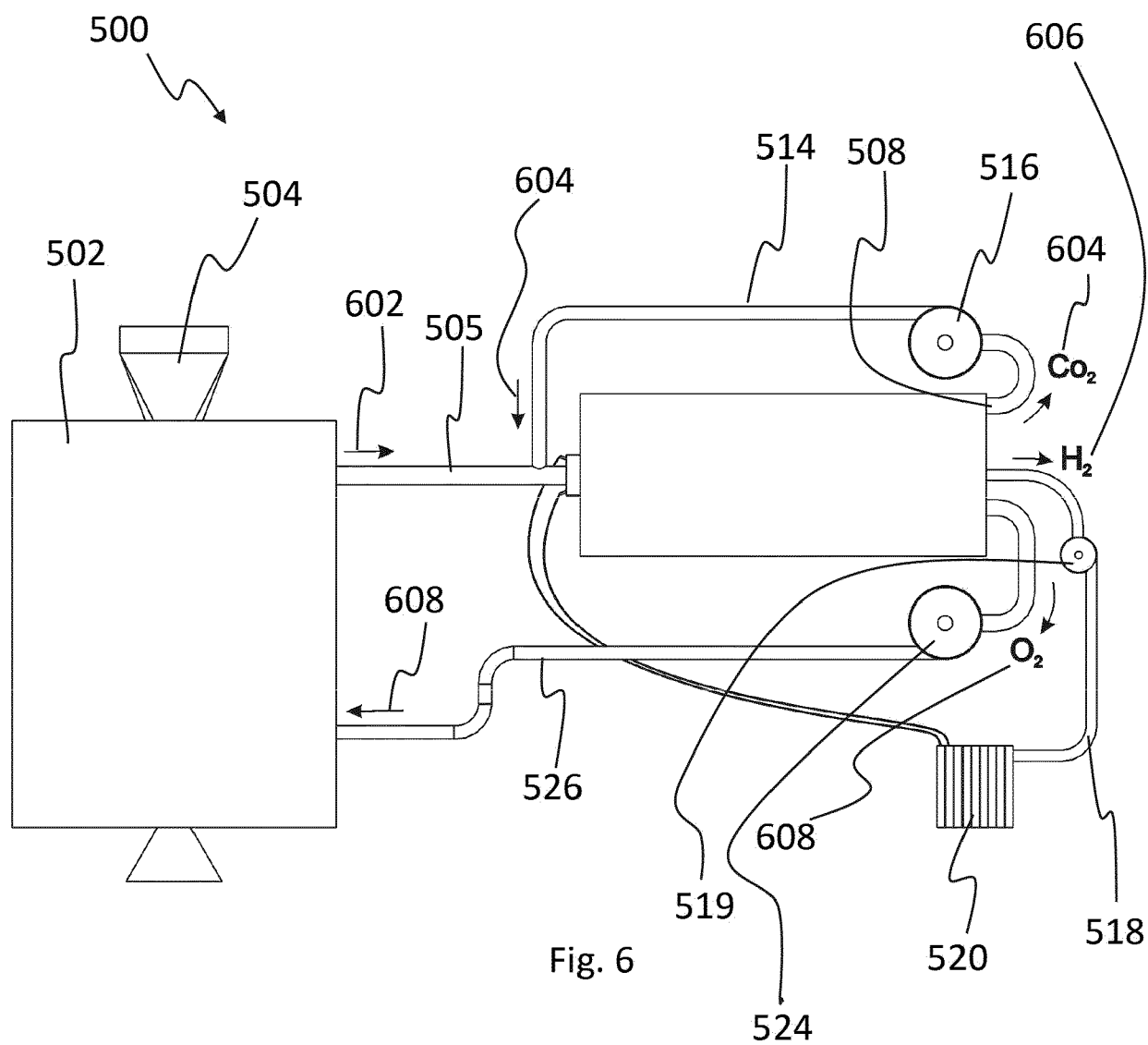


Fig. 5



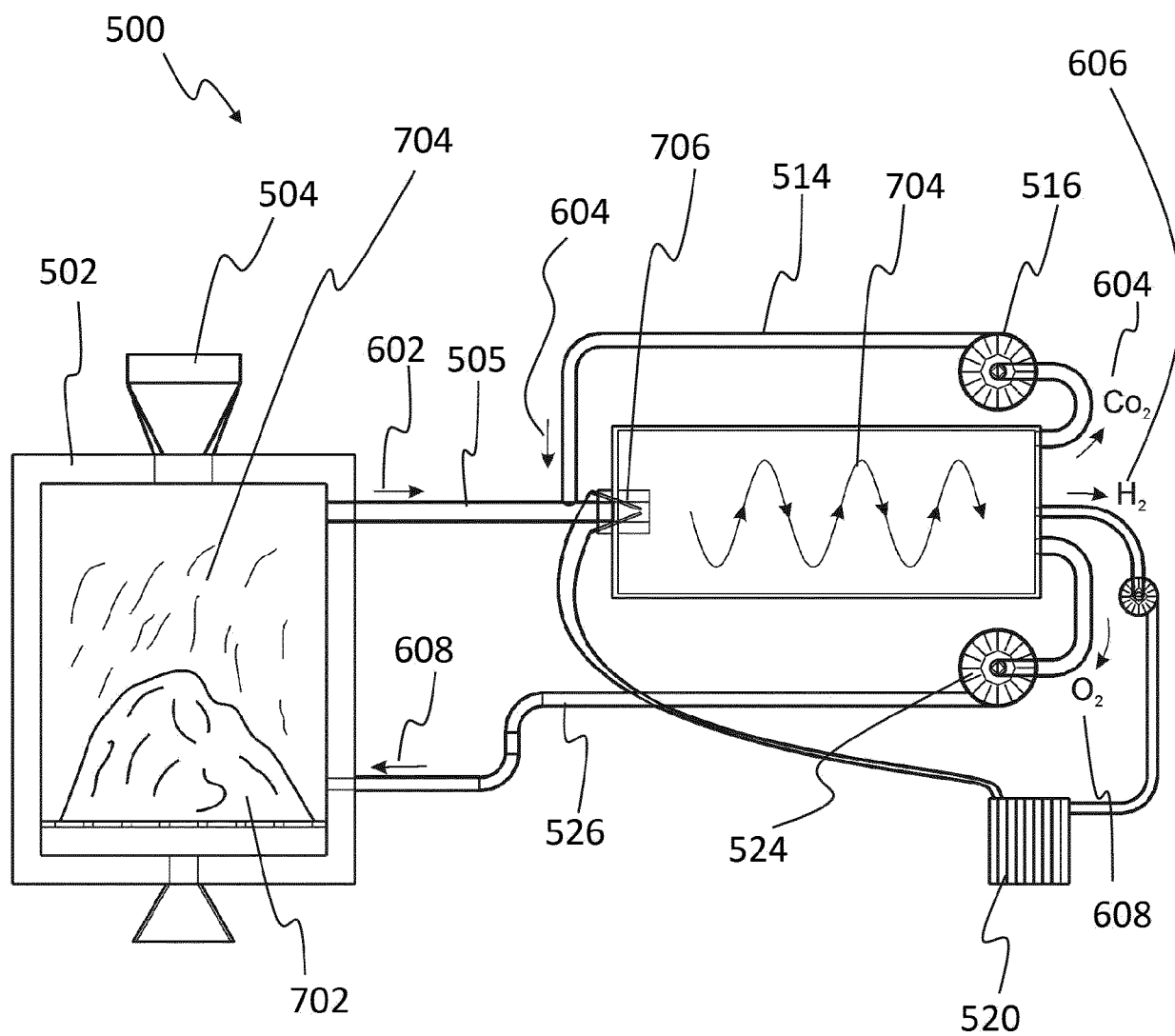
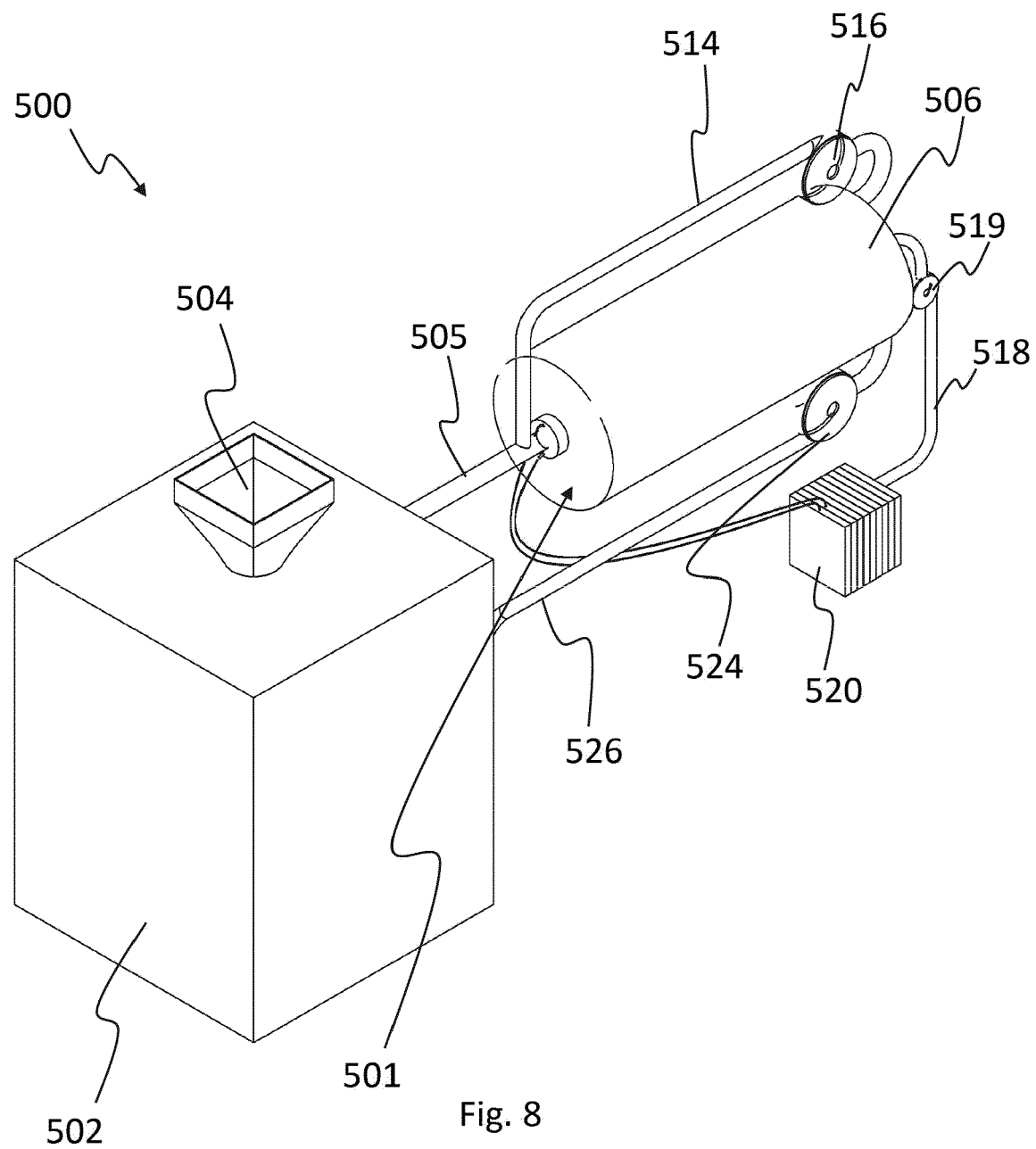
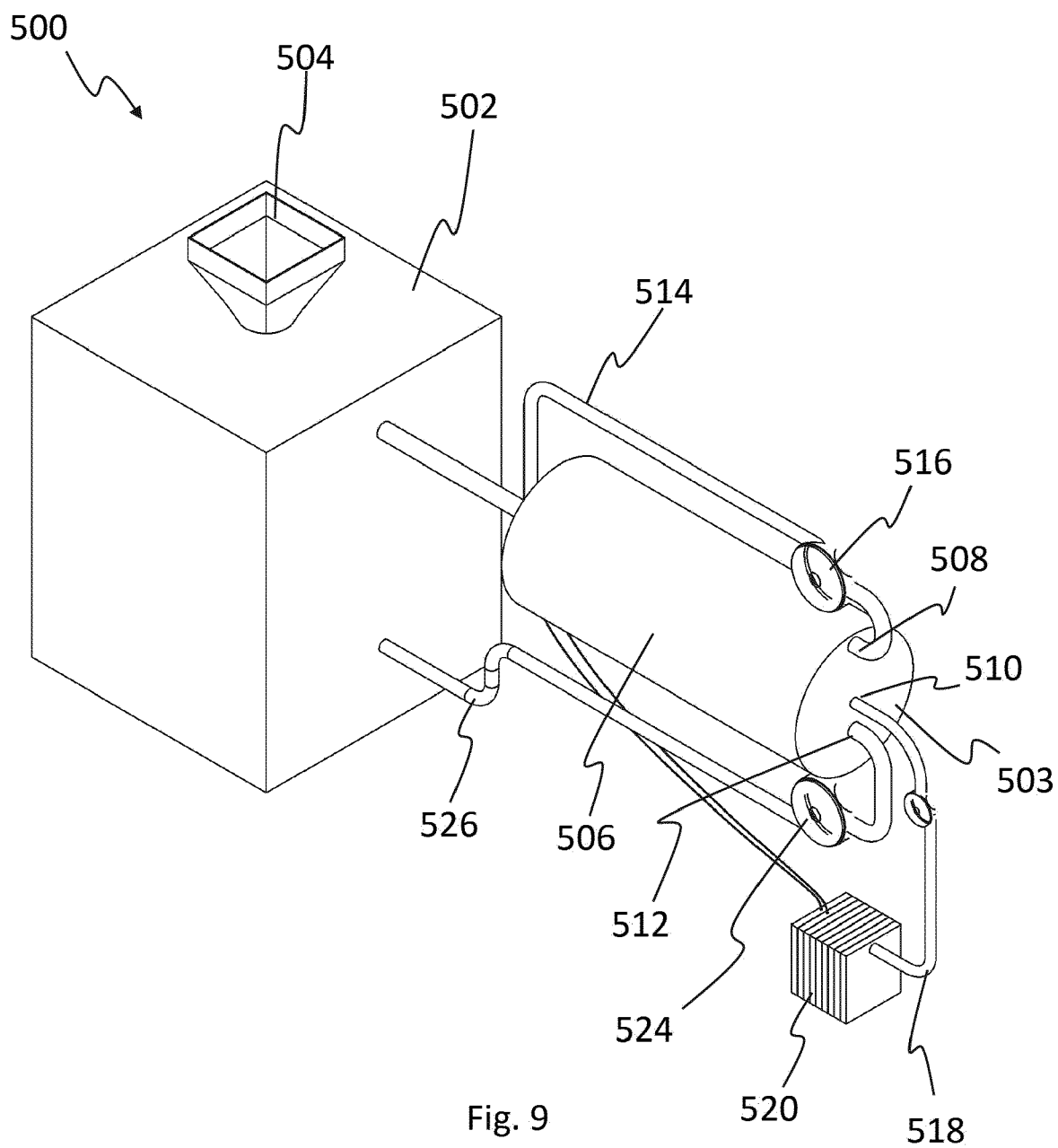


Fig. 7





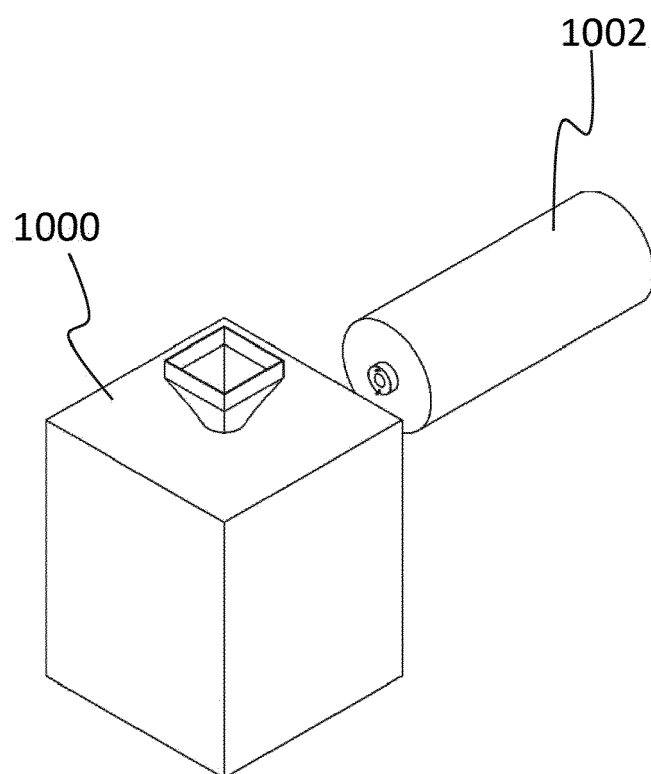


Fig. 10

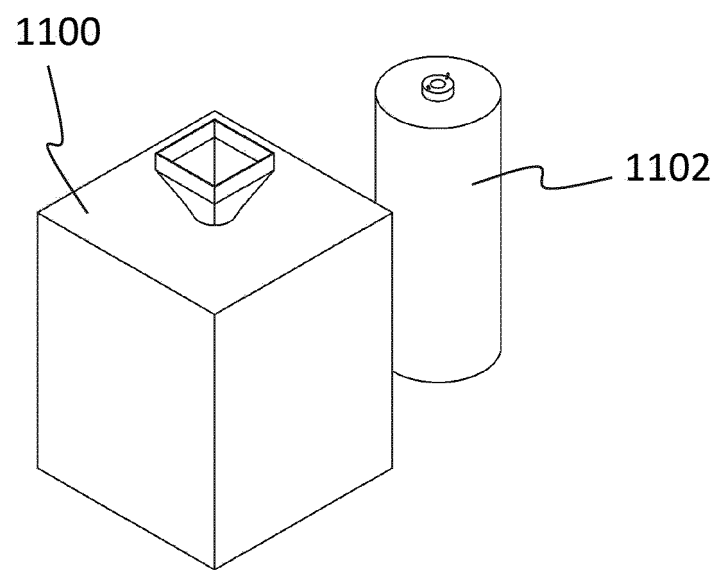


Fig. 11

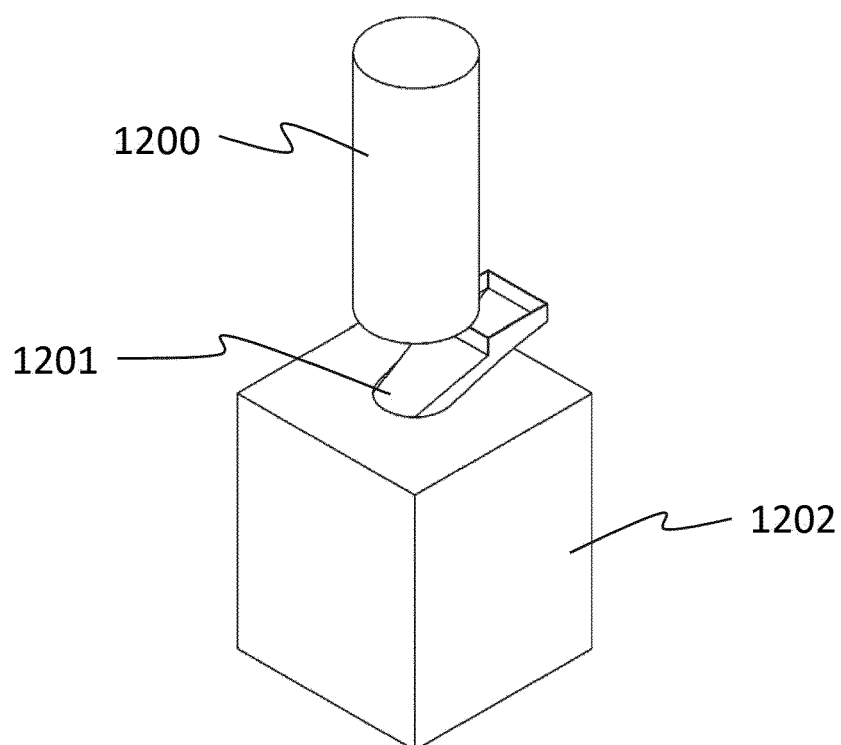


Fig. 12

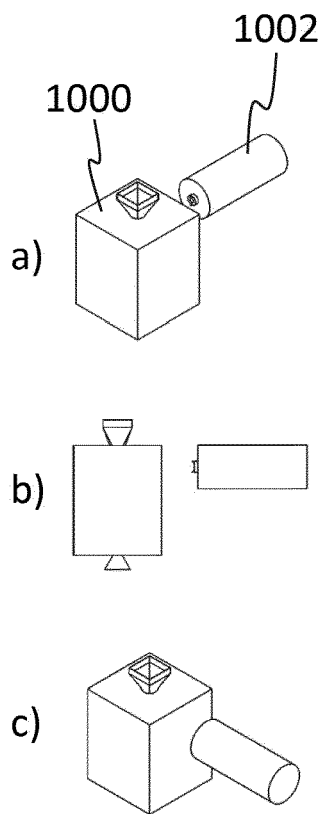


Fig. 13

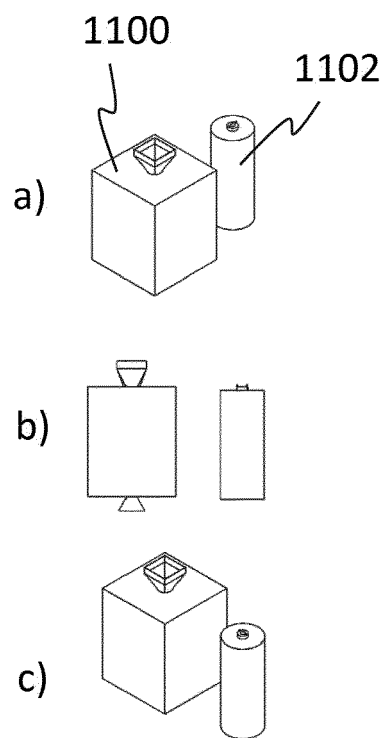


Fig. 14

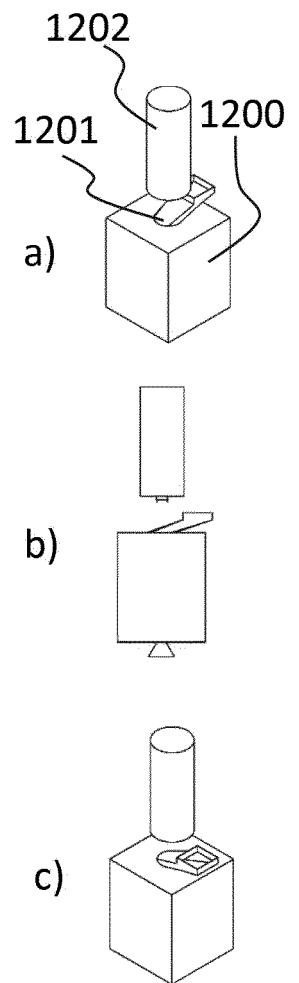


Fig. 15

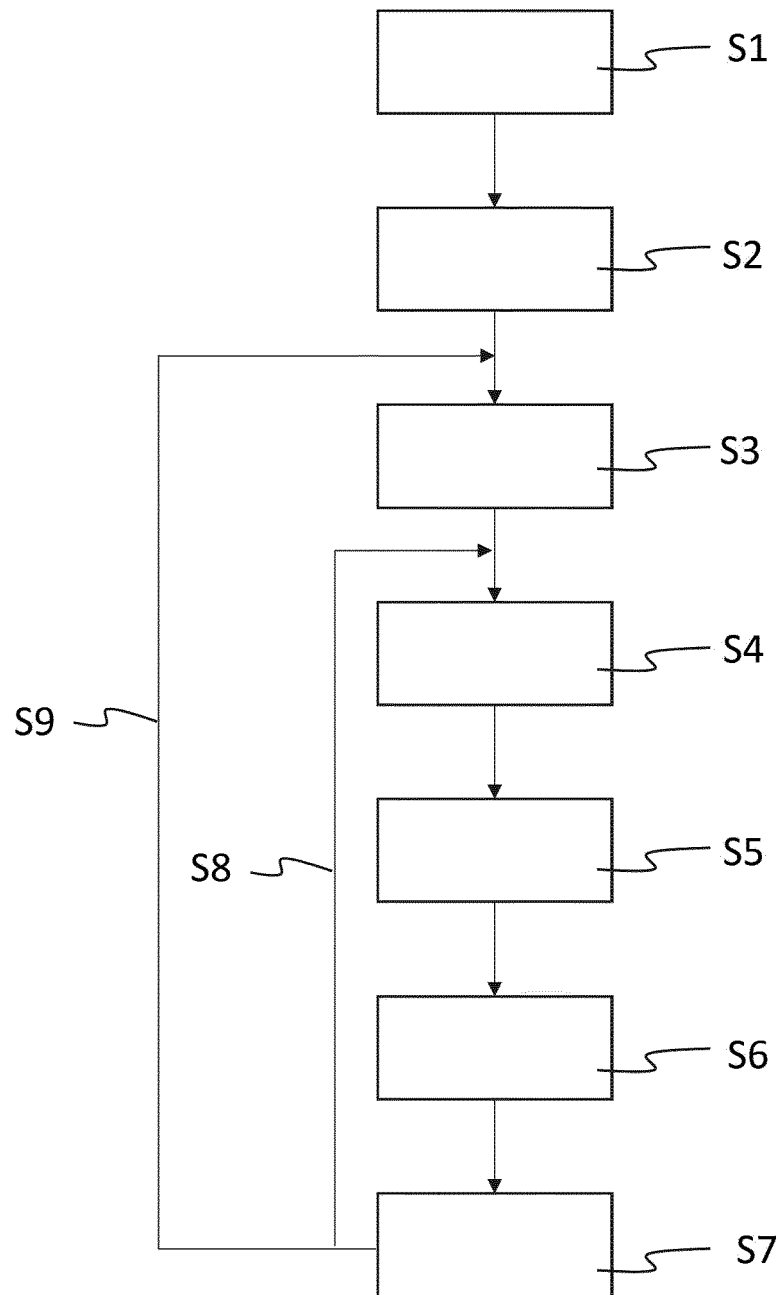


Fig. 16

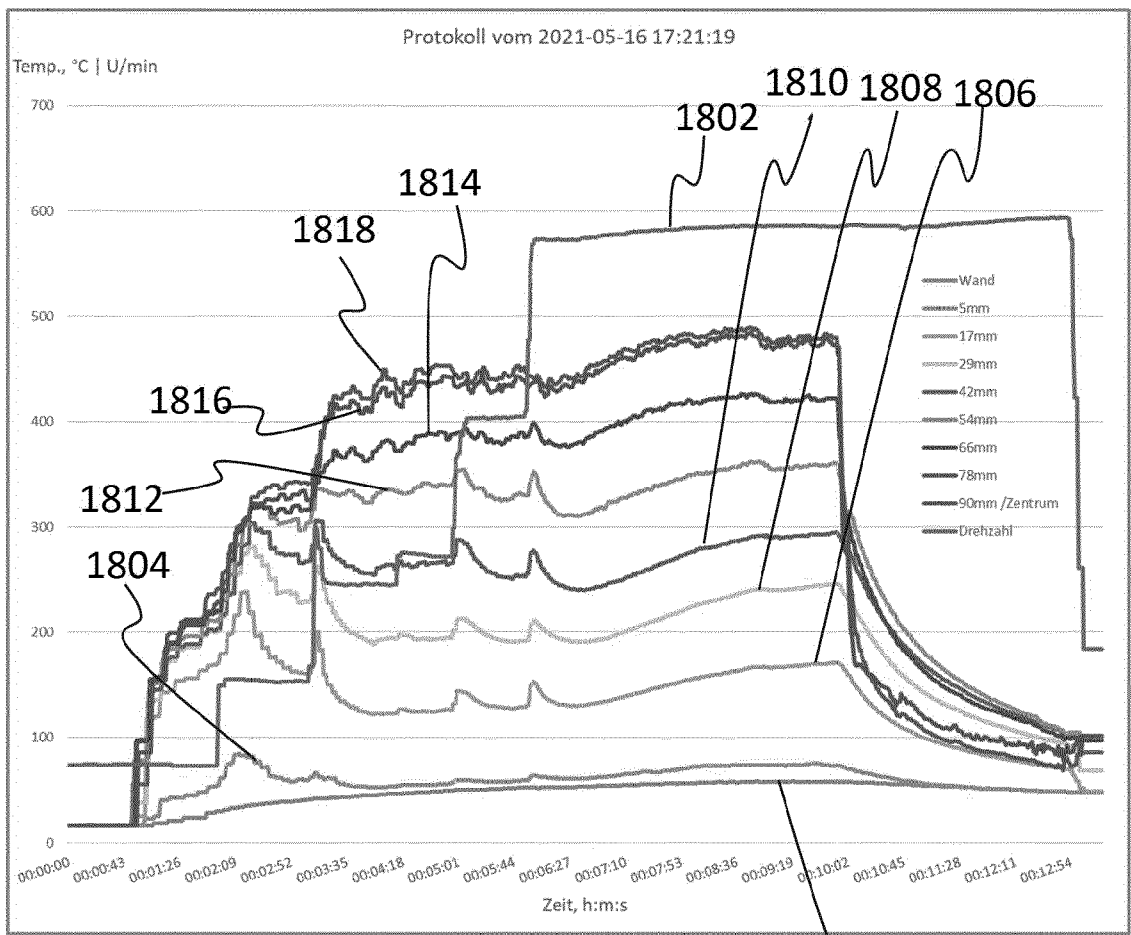
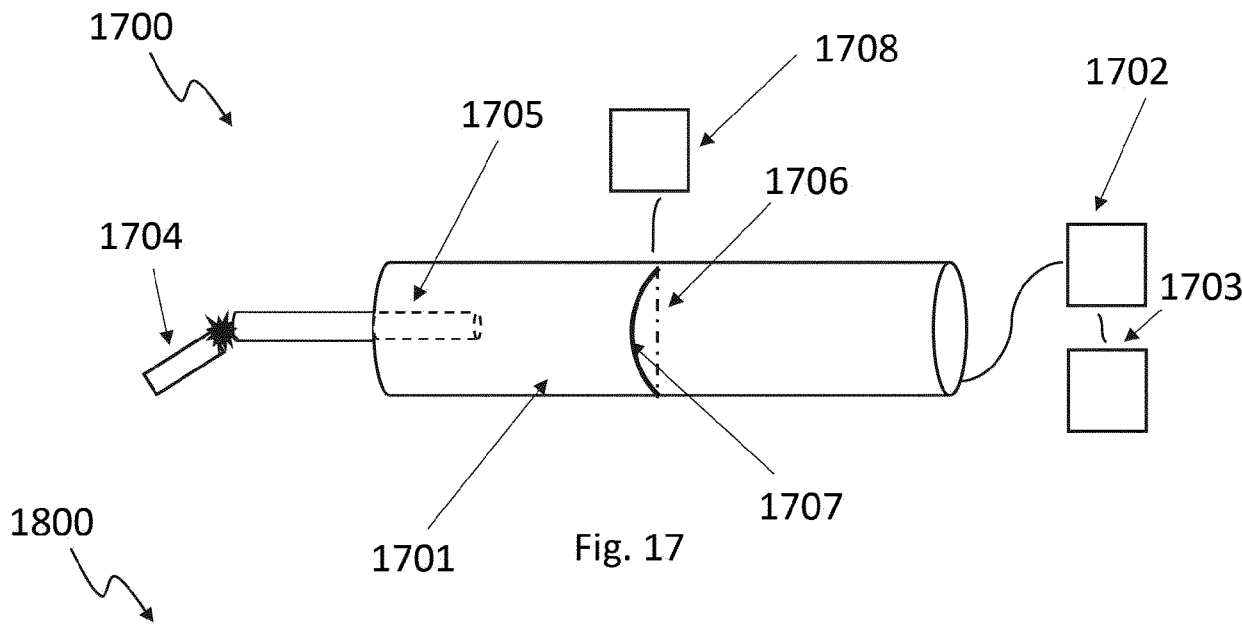


Fig. 18

1820

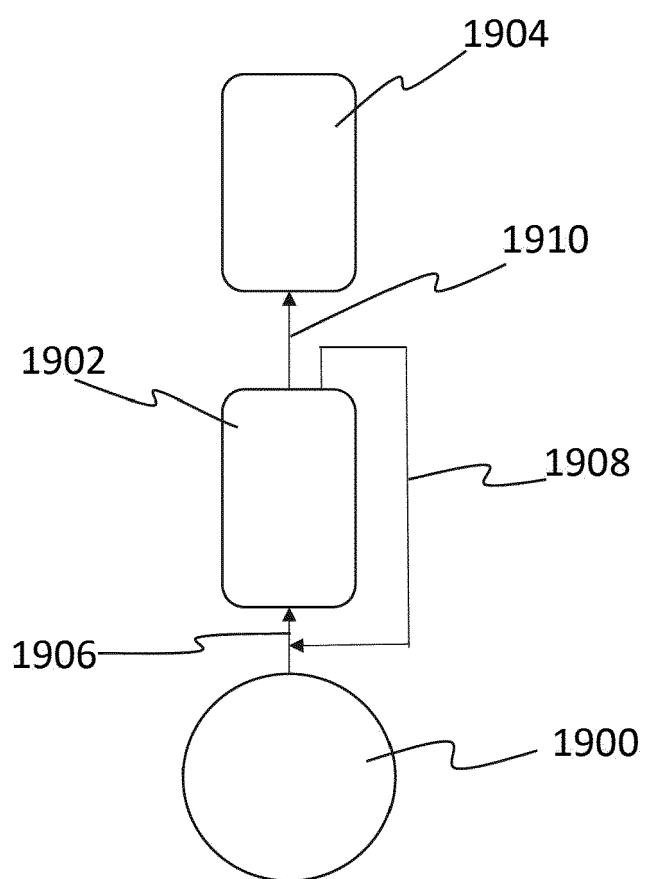


Fig. 19

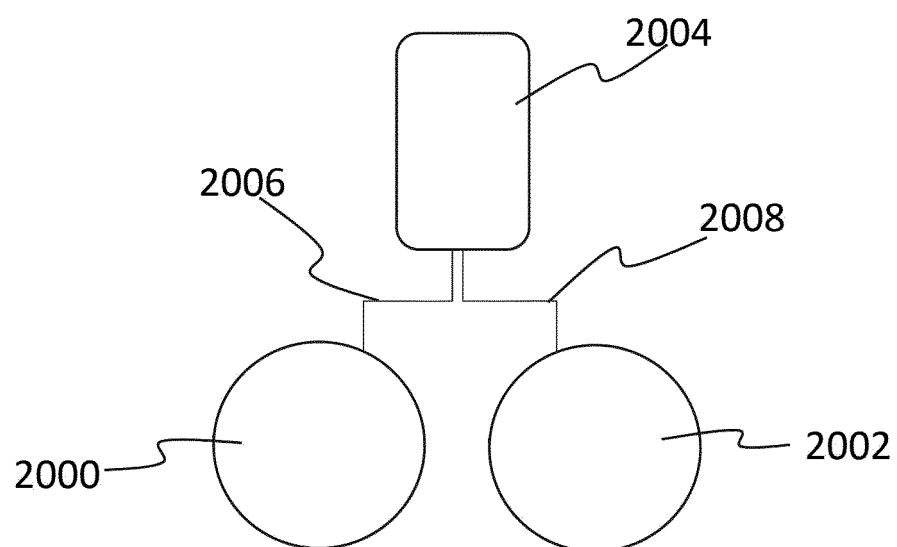


Fig. 20

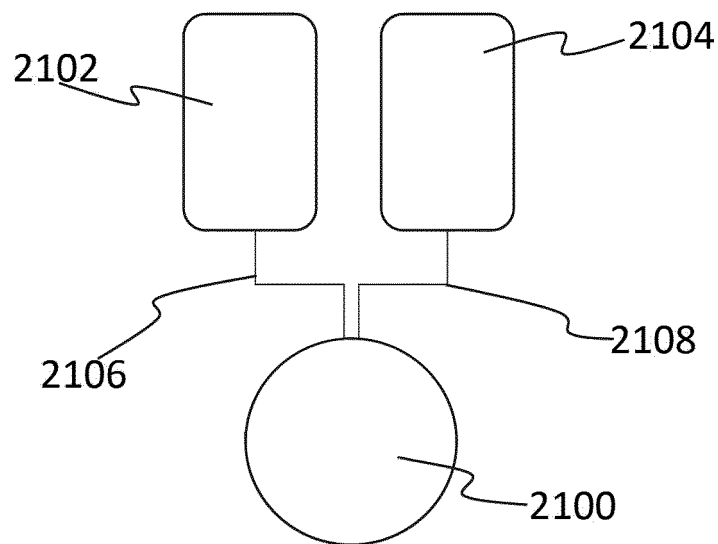


Fig. 21



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 6120

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 2000 346323 A (MORITA SEIICHI) 15. Dezember 2000 (2000-12-15) * Abbildungen 1-4 und dazugehörige Abschnitte der Beschreibung *	1-15	INV. F23J15/08
A	KR 100 707 854 B1 (IDEA IT S CO LTD [KR]) 17. April 2007 (2007-04-17) * Abbildungen 1-4 und dazugehörige Abschnitte der Beschreibung *	1-15	
A	EP 2 034 242 A2 (EXEL 3 S R L [IT]) 11. März 2009 (2009-03-11) * Seite 4, Absatz 26 - Seite 7, Absatz 85 *	1-15	
A	US 11 476 094 B2 (DHYLLON AMEN [US]; SERENDIPITY TECH LLC [US]) 18. Oktober 2022 (2022-10-18) * Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 8, Zeile 42 *	1-15	
	* Abbildungen 1-4 *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23J F23G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. November 2023	Prüfer Rudolf, Andreas
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum 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 23 17 6120

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

06-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2000346323 A	15-12-2000	JP 4063449 B2	19-03-2008
		JP 2000346323 A	15-12-2000
KR 100707854 B1	17-04-2007	KEINE	
EP 2034242 A2	11-03-2009	CN 101387402 A	18-03-2009
		EP 2034242 A2	11-03-2009
		US 2009165375 A1	02-07-2009
US 11476094 B2	18-10-2022	KEINE	

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 2078555 A1 [0005]
- WO 2022122062 A1 [0025]