

**Zoz GmbH
Maltoz-Strasse**

57482 Wenden

**Albert Hesse Familienstiftung
Platinweg 29**

57482 Wenden

922055/W

**Verbrennungsanlage mit einem im Innenraum der Brennkammer angeordneten
Heizstrahlrohr, moderne Kremierung**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verbrennungsanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf ein Verfahren zur Verbrennung eines Leichnams in einer Verbrennungsanlage.

Die moderne Welt sieht sich vor großen Herausforderungen. Dekarbonisierung zur Bekämpfung des Klimawandels, Pandemiefolgen mit hohen Sterblichkeitsraten und zuletzt der Ukrainekrieg mit dramatischen Auswirkungen auf die Energieversorgung Mitteleuropas. Menschlichkeit und Erfindergeist - humane Innovation, gehören auch dabei zu den wesentlichen Erfolgsfaktoren, um Lebensraum, Frieden und Wohlstand zu erhalten.

Eine bis dato stiefmütterlich oder gar nicht betrachtete Technologie im Spannungsfeld zwischen Vision und Machbarkeit, die Kremierung zum Ende des irdischen Lebens, benötigt nach dem Stand der Technik fossilen Brennstoff oder sehr viel Strom und trägt als Verbrennungsprozess signifikante Mengen CO₂ in unsere Atmosphäre

ein. Dass in naher Zukunft eine Kapazitätsausweitung (a) schnell zu erreichen sein muss, ist Statistik. Dass in naher Zukunft die Kremierung von Verstorbenen mittels fossiler Brennstoffe (b) nicht mehr zulässig sein wird, ist ebenfalls absehbar.

Daher ist eine Technologie zu schaffen, die beiden veränderten Marktbedingungen gerecht wird. D. h. (a) Marktreife ist sehr schnell zu erreichen, spätestens binnen 2023 und (b) die Verbrennung soll ausschließlich unter Zuführung von Wasserstoff und ggfls. Sauerstoff erfolgen, das unter exorbitanter Energieeinsparung, quasi emissionsfrei und unter deutlich verbesserter pietistischer Rücksichtnahme.

Eine Verbrennungsanlage mit einer Verbrennungskammer ist aus der Schrift DE 196 52 967 C1 bekannt. Die Wände einer Verbrennungskammer sind üblicherweise mit Schamottsteinen ausgekleidet. Bei Schamottsteinen handelt es sich um künstlich hergestellte Steine oder Platten, die besonders hitzebeständig sind. Sie können Wärme vergleichsweise gut speichern und kommen daher in vielen Bereichen der Heizungstechnik zum Einsatz. Ein Kremierungsprozess läuft in der Weise ab, dass die Verbrennungskammer zunächst mit einer Heizeinrichtung auf eine Temperatur von über 650° C erhitzt wird, bevor ein Sarg mit einem zu verbrennenden Leichnam in die Verbrennungskammer geschoben wird. Die Heizeinrichtung besteht üblicherweise aus einem Gasbrenner, der einen gasförmigen Brennstoff in angesaugter Frischluft verbrennt. Über eine Düse, die ein Beispiel für eine Vorrichtung zur Einleitung des Heizmediums in die Verbrennungskammer darstellt, wird das heiße Abgas in die Verbrennungskammer geleitet. Bei der Aufheizung der Verbrennungskammer werden auch die Schamottsteine auf ihrer der Verbrennungskammer zugewandten

Seite auf diese Temperatur erhitzt. Da es aus pietistischen Gründen untersagt ist, dass der Sarg und der Leichnam während des Kremierungsprozesses externen Flammen ausgesetzt sind, muss die Heizeinrichtung während des eigentlichen Verbrennungsprozesses abgeschaltet werden. Die Prozesswärme, die beim Verbrennungsvorgang verbraucht wird, wird deshalb zumindest zu einem erheblichen Teil von den Schamottsteinen in die Verbrennungskammer zurückgestrahlt, die diese beim Aufheizvorgang zuvor in sich aufgenommen haben. Dabei kühlen sich die Schamottsteine wieder ab. Um die Temperatur in der Verbrennungskammer während des Verbrennungsvorgangs auf einem für den Verbrennungsprozess notwendigen Niveau zu halten, müssen die Schamottsteine die Verbrennungskammer mit einer Wandstärke ummanteln, mit der eine für den Verbrennungsprozess ausreichende Menge an Wärmeenergie während des Aufheizvorgangs aufgenommen werden kann. Die herkömmlichen Verbrennungsanlagen sind deshalb sehr schwer und voluminös. Wie die Schrift DE 196 52 967 C1 zeigt, ist es zwar in Grenzen möglich, während des Brennprozesses weitere Stützenergie zuzuführen, diese dient aber vor allem dazu, das Rauchgas nachzuverbrennen, weil dafür die in den Schamottsteinen gespeicherte Wärme nicht ausreicht.

Durch diese Verfahrensweise dauert die Verbrennung einer Leiche mehrere Stunden. Die Verbrennungskammer wird angeheizt, dann wird die Leiche in die Verbrennungskammer geschoben, dann läuft der Verbrennungsprozess ab, und an dessen Ende kühlt die Verbrennungskammer wieder ab, um die stückigen Verbrennungsrückstände aus der Verbrennungskammer entfernen zu können. Durch das Anhei-

zen und Abkühlen der Verbrennungskammer geht ein hoher Anteil der für den gesamten Verbrennungsprozess benötigten Energie verloren. Die aus dem Stand der Technik bekannten Verbrennungsanlagen arbeiten also sowohl in zeitlicher als auch in energetischer Hinsicht ineffizient.

Ein weiteres Problem stellen die Abgase aus dem Kremierungsprozess dar. Bei der Verbrennung einer Leiche entstehen Dioxine, Furane, Stickoxide und Quecksilberdämpfe, die nicht in die Umwelt gelangen dürfen. Diese sollten mit aufwendigen Filtern aus dem Abgas ausgefiltert und gesondert entsorgt werden. Bei einer Vermischung der Abgase aus der Erzeugung der Heizwärme und der Stützenergie mit den Rauchgasen müssen auch diese Abgasmengen mit gefiltert werden.

Aus der Schrift DE 198 53 572 A1 ist eine Verbrennungsanlage mit einer Verbrennungskammer und einer elektrischen Heizeinrichtung bekannt, die außerhalb der Verbrennungskammer angeordnet ist und diese nur indirekt beheizt. Durch die indirekte elektrische Beheizung sollen die Filter zur Reinigung der Rauchgase aus der Verbrennung von eventuell anfallenden Heizgasen aus der Heizeinrichtung entlastet werden. Durch einen Sauerstoffspeicher soll aber auch die Einäscherung der Leiche bei einer abgeschalteten Heizvorrichtung möglich sein. Der Kremierungsprozess erfolgt also auf die herkömmliche Weise.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verbrennungsanlage zu schaffen, mit dem mit einem geringeren Energieaufwand und einer verminderten Menge

an zu filterndem Abgas ein beschleunigter Ablauf des Kremierungsprozesses möglich ist.

Die Aufgabe wird für eine gattungsgemäße Verbrennungsanlage gelöst, indem die Heizeinrichtung mit einem gasdichten Heizstrahlrohr wirkverbunden ist, das von der Heizeinrichtung beheizt wird und das im Innenraum der Verbrennungskammer angeordnet ist. Die Aufgabe wird für ein Verfahren gelöst, indem bei dem Verbrennungsverfahren in der Verbrennungsanlage zumindest ein Heizstrahlrohr verwendet wird, um die Temperatur in der Verbrennungskammer auf einen Wert von zumindest 650 °C aufzuheizen.

Als Heizeinrichtung kann eine beliebige Wärmequelle verwendet werden, die ein ausreichend hohes Temperaturniveau im Heizstrahlrohr erreicht. Verbrennungsprozesse werden heute häufig oberhalb der Mindesttemperatur bei etwa 800 °C durchgeführt. Unter dem Begriff der Heizeinrichtung ist dabei die technische Vorrichtung zu verstehen, mit der elektrische Energie in Wärme umgewandelt oder ein Brennstoff verbrannt wird. Dabei kann es sich um eine elektrische Heizung, aber auch um beispielsweise einen Brenner handeln, der einen gasförmigen oder flüssigen Brennstoff verbrennt und dabei hohe Brenntemperaturen erreicht. Für eine elektrische Heizung können Stabelektroden für eine Widerstandsheizung als eine einfache geometrische Grundform verwendet werden. Mit Erdgas an Luft können beispielsweise Brenntemperaturen von ca. 1.950 °C erreicht werden. Die Verwendung von Wasserstoff schafft nochmals höhere Brenntemperaturen von 2.130 °C an Luft beziehungsweise von 3.080 °C mit reinem Sauerstoff. Mit den hohen Brenntemperaturen wird

ein Heizstrahlrohr erwärmt. Wirkverbunden bedeutet, dass die von der Heizeinrichtung erzeugte Wärme auf das Heizstrahlrohr übertragen wird. Die Erwärmung des Heizstrahlrohres kann über ein Heizmedium wie beispielsweise einer Flüssigkeit oder einem Gas erfolgen, das die von der Heizeinrichtung erzeugte Wärme aufnimmt und in das Heizstrahlrohr überträgt. Bei dem Heizmedium kann es sich insbesondere um das heiße Abgas eines Brenners handeln, das in das Heizstrahlrohr eingeleitet und über einen Abgasstrang aus der Verbrennungsanlage ausgestoßen wird. Wenn die Heizeinrichtung im Heizstrahlrohr selbst angebracht ist, wie beispielsweise eine elektrische Heizung, muss das Heizmedium nicht mehr von der Heizeinrichtung in das Heizstrahlrohr strömen, sondern wird darin selbst erwärmt. Die hohen Temperaturen, mit denen die Verbrennungskammer beaufschlagt wird, erfordern natürlich eine entsprechende Auslegung aller Materialien, die in der Verbrennungskammer und im nachgeordneten Abgasstrang den hohen Temperaturen ausgesetzt sind.

Da das Heizstrahlrohr im Innenraum der Verbrennungskammer angeordnet ist, kann die vom Heizmedium transportierte Wärme von dort aus nahezu ohne Wärmeverluste unmittelbar in die Verbrennungskammer abgegeben werden. Dabei ist das Heizstrahlrohr bevorzugt nicht in eine Wand der Verbrennungskammer eingebettet, sondern es ist freigestellt in der Verbrennungskammer angeordnet, so dass es über seinen vollen Umfang und seine volle Länge Wärme direkt in die Verbrennungskammer abstrahlen kann. Die Beheizung der Verbrennungskammer erfolgt über die Wärmestrahlung des Heizstrahlrohrs. Es treten dadurch keine Leistungs- und Wärmeverluste durch Material auf, in das die Heizstrahlrohre eingebettet sein könnten. Da

die Wärme insbesondere über die Strahlungswärme der Heizstrahlrohre in die Verbrennungskammer eingebracht wird, wird auch kein erhitztes Abgas in die Verbrennungskammer geleitet, dass sich dort mit den Abgasen aus der Verbrennungsanlage verbindet und das Volumen des zu reinigenden Abgases erhöht.

Wenn hier von einem Heizstrahlrohr die Rede ist, so können im Sinne der Erfindung natürlich auch mehrere Heizstrahlrohre in der Verbrennungskammer vorhanden sein. An eine Heizeinrichtung können ein oder mehrere Heizstrahlrohre angeschlossen sein, die die in der Heizeinrichtung vom Heizmedium aufgenommene Wärme über eine größere Abstrahlfläche schneller in der Verbrennungskammer verteilen. Genauso können auch mehrere Heizeinrichtungen vorhanden sein, die ein oder mehrere daran angeschlossene Heizstrahlrohre beheizen. Die mehreren Heizstrahlrohre können in mehreren verzweigten Strängen in der Verbrennungskammer verlegt sein. Das oder die Heizstrahlrohre sind so in der Verbrennungskammer verlegt, dass sich eine hohe Heizleistung und zumindest annähernd gleiche Wärmeverteilung innerhalb der Verbrennungskammer ergibt. Sie können dazu abschnittsweise oder über ihre volle Länge auch unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Die Heizstrahlrohre können selbst die Leitung bilden, durch die das Wärmemedium hindurchströmt. Die Heizstrahlrohre können je nach eingesetztem Wärmemedium in einem gemeinsamen Abgasstrang münden, über die das Abgas in die Umwelt geleitet wird, oder das Abgas wird abseits der Heizstrahlrohre und diesen nachgeordnet über einen eigenen Abgasstrang an die Umwelt abgegeben. Falls durch die Heizstrahlrohre ein zirkulierendes Wärmemedium geleitet wird, können die Heizstrahlrohre in eine umlaufende Leitung integriert sein oder selbst eine umlaufende Leitung bilden, so

dass das Heizmedium umlaufend zirkulieren kann. Das Abgas aus der Heizeinrichtung kann auch in einen hinteren Abschnitt des Abgasstrangs für die Abgase aus der Verbrennungskammer eingeleitet werden, in dem die Abgase aus der Verbrennungskammer bereits zumindest teilweise gereinigt worden sind. Die Abgase aus der Heizeinrichtung und die Abgase aus der Verbrennungskammer können dann aus einem im hinteren Ende gemeinsamen Abgasstrang in die Umwelt ausgeleitet werden.

Ein innerhalb der Verbrennungskammer gasdicht ausgeführtes Heizstrahlrohr erfüllt die gesetzlichen Anforderungen an die Pietätswahrung, da der zu kremierende Körper einer verstorbenen Person nicht mit den Flammen einer externen Verbrennung in Berührung kommt. In zeitlicher Hinsicht bezogen auf einen Kremierungsprozess ergibt sich daraus der Vorteil, dass die Heizeinrichtung während der gesamten Zeit weiterbetrieben werden kann, in der sich der zu kremierende Körper in der Verbrennungskammer befindet. Schamottsteine, die die Verbrennungskammer üblicherweise umgeben, müssen deshalb nicht mehr vor dem Beginn des Kremierungsprozesses so weit aufgeheizt werden, dass die darin gespeicherte Wärme ausreicht, das für einen Kremierungsprozess vorgeschriebene Temperaturniveau über die gesamte Prozesszeit einer Kremierung zu halten. Es genügt vielmehr, die Lufttemperatur in der Verbrennungskammer vergleichsweise schnell mit dem Heizstrahlrohr auf die vorgeschriebene Mindesttemperatur von 650 °C aufzuheizen. Nach Erreichen der für die Kremierung eines Körpers vorgeschriebenen Mindestbetriebstemperatur von 650 °C kann der zu kremierende Körper bereits in die Verbrennungskammer

eingbracht und die Heizvorrichtung auf eine Heizleistung heruntergedrosselt werden, die dazu ausreicht, die Wärmeverluste auszugleichen, die durch den Kremierungsprozess selbst und eine Abstrahlung von Wärme in die Umwelt entstehen. Die Heizeinrichtung kann dann so lange mit einer gedrosselten Leistung betrieben werden, bis der Kremierungsprozess abgeschlossen ist. Es ist aber auch möglich, die Verbrennungsanlage dauerhaft mit einer hohen oder der höchsten Heizleistung der Heizeinrichtung zu betreiben, um die Prozesszeit zu verkürzen. Das ist dann in der Verbrennungskammer mit Temperaturen möglich, die deutlich oberhalb der gesetzlichen Mindesttemperatur von 650 °C liegen. Deshalb kann auch daran gedacht werden, die Verbrennungskammer mit einer deutlich oberhalb von 650 °C liegenden oder der maximal möglichen Temperatur zu betreiben, um die Verbrennung eines Leichnams durch eine höhere Temperatur in der Verbrennungskammer zu beschleunigen. Auch kann durch die höheren Temperaturen möglicherweise der Anfall giftiger Stoffe aus dem Verbrennungsprozess vermindert werden. Die Temperatur kann auch während eines Verbrennungsprozesses unterschiedlich hoch sein. Bei einem solchen Betrieb der Verbrennungsanlage wird die Heizvorrichtung nach Erreichen der vorgeschriebenen Mindesttemperatur nicht in ihrer Leistung gedrosselt, sondern mit voller oder mit einer eher geringfügig reduzierten Leistung weiterbetrieben, beispielsweise, um technische Grenzen wie beispielsweise die thermische Stabilität der in der Verbrennungsanlage verbauten Materialien nicht zu überschreiten. Schon durch die erheblich verkürzte oder sogar ganz entfallende Vorheizzeit ergibt sich eine erheblich verkürzte Prozesszeit für die Verbrennung eines zu kremierenden Körpers, die durch die nochmals erhöhten Prozesstemperaturen weiter verkürzt wer-

den kann. Die höheren Betriebstemperaturen bedeuten zwar einen erhöhten Energieverbrauch, bei einer gezielten Rückgewinnung der aufgewendeten Heizenergie und der verkürzten Prozesszeit ist die für einen Verbrennungsprozess aufgewendete Energiemenge nicht viel größer oder sogar geringer als bei den herkömmlichen Verbrennungsanlagen. Das gilt insbesondere, wenn die Verbrennungsanlage in einem Dauerbetrieb ohne Betriebsunterbrechungen betrieben wird.

Allein schon durch die erheblich verkürzte Prozesszeit ergibt sich ein geringerer Energiebedarf. Der Energiebedarf für einen Prozesszyklus ist auch deshalb geringer, weil es nicht mehr erforderlich ist, die Schamottsteine auf einen Energielevel aufzuheizen, der die Einhaltung der Mindesttemperatur während der gesamten Prozesszeit sicherstellt. Dieser fällt aus Sicherheitsgründen üblicherweise höher aus, als es tatsächlich erforderlich ist. Es ist nunmehr möglich, die Temperatur in der Verbrennungskammer durch eine entsprechende Regelung der Heizleistung der Heizeinrichtung annähernd genau auf dem vorgeschriebenen Niveau von 650 °C in der Verbrennungskammer zu halten. Auf Zusatzheizeinrichtungen, die dazu dienen, ein vorgeschriebenes Temperaturniveau einzuhalten, kann verzichtet werden.

Ein weiterer erheblicher Vorteil der erfindungsgemäßen Beheizung der Verbrennungskammer ergibt sich aus dem Umstand, dass die neuartige Beheizung einen kontinuierlichen Betrieb der Verbrennungsanlage ermöglicht. Da nun die Verbrennungskammer auch während der laufenden Kremierung beheizt werden kann, entfallen jedenfalls die Aufheiz- und bei einer geeigneten Ausgestaltung der Peripherie

der Verbrennungskammer auch die Abkühlphasen des herkömmlichen Kremierungsprozesses. Anstelle einer arbeitstäglichen Verbrennung von ein oder zwei zu kremierenden Körpern können an einem Arbeitstag nun erheblich mehr zu kremierende Körper in einer erfindungsgemäßen Verbrennungsanlage verbrannt werden. Die erfindungsgemäße Verbrennungsanlage hat somit eine deutlich höhere Verbrennungsleistung als die vorbekannten Verbrennungsanlagen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Heizeinrichtung außerhalb der Verbrennungskammer angeordnet. Bei der Anordnung der Heizeinrichtung außerhalb der Verbrennungskammer muss die von der Heizeinrichtungen benötigte Energie nicht als Brennstoff oder Strom in die Verbrennungskammer geleitet werden, was wegen der dort herrschenden hohen Temperaturen problematisch sein kann und hohe Anforderungen an die thermische Isolierung und Abdichtung der entsprechenden Zuleitungen stellen würde. Die Heizeinrichtung selbst kann einfacher aufgebaut sein, weil sie bei niedrigeren Umgebungstemperaturen betrieben wird, als sie in der Verbrennungskammer vorherrschen. Auch kann darauf verzichtet werden, die Wand der Verbrennungskammer mit einer zusätzlichen Durchführungsöffnung für die Durchleitung der von der Heizeinrichtung benötigten Energie zu versehen. Die Heizeinrichtung ist bei Wartungsarbeiten besser zugänglich, und es ist einfacher, die Heizeinrichtung an eine elektronische Steuerungs- und Regelungseinrichtung für die Prozessführung des Kremierungsprozesses anzuschließen. Wenn die Heizeinrichtung außerhalb der Verbrennungskammer angeordnet ist, muss diese mit dem Heizstrahlrohr über eine entsprechende Leitung verbunden sein, damit das in der Heiz-

einrichtung erwärmte Heizmedium von der Heizeinrichtung zum Heizstrahlrohr gelangen und dieses dort aufheizen kann. Schließlich kann das Volumen der Verbrennungskammer kleiner gehalten werden, wenn die Heizeinrichtung außerhalb der Verbrennungskammer angeordnet ist. Für die verkleinerte Verbrennungskammer ist wiederum weniger Energie erforderlich, um diese auf die Mindesttemperatur von 650 °C aufzuheizen. Dadurch sinkt die Prozesszeit für einen Verbrennungszyklus, und die Energieeffizienz der Verbrennungsanlage steigt.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Heizeinrichtung auf die Verbrennung eines gasförmigen oder flüssigen Brennstoffs ausgelegt und an die Heizeinrichtung ist ein Abgasstrang angeschlossen, der das bei der Verbrennung des Brennstoffs anfallende Abgas unter Umgehung der Verbrennungskammer in die Umwelt ausleitet. Indem das bei der Verbrennung des Brennstoffs anfallende Abgas nicht in die Verbrennungskammer gelangt, wird dieses Abgas auch nicht in der Verbrennungskammer mit dem Abgas aus dem Kremierungsprozess vermischt. Durch das mit einem eigenen Abgasstrang getrennt vom Abgas aus dem Kremierungsprozess gehaltene Abgas aus der Verbrennung des Brennstoffs in der Heizeinrichtung werden die Abgasfilter für das Abgas aus dem Kremierungsprozess von dem entsprechenden Abgasvolumen entlastet. Die aufwendigere Abgastechnik für die Reinigung der Abgase aus dem Kremierungsprozess muss daher nur auf die Reinigung des Abgasvolumens hin ausgelegt werden, das durch den Kremierungsprozess selbst entsteht. Der entsprechende Abgasstrang kann dadurch wesentlich kleiner, leichter und kostengünstiger gestaltet werden. In den aus der Verbrennung des Brennstoffs entste-

henden Abgasen sind durch die strikte Trennung von den Abgasen aus dem Kremierungsprozess insbesondere keine problematischen Schadstoffe wie Dioxine, Furane, Stickoxide und Quecksilberdämpfe enthalten, die dann auch nicht durch sehr aufwendige Filter- und sonstigen Reinigungstechniken aus dem Abgas herausgefiltert und entsorgt werden müssen. Da die Abgase aus der Heizeinrichtung, die aus den Heizstrahlrohren ausströmen, noch sehr heiß sind, ist es sinnvoll, die darin enthaltene Wärmeenergie durch einen Wärmetauscher aufzufangen und dem Verbrennungsprozess wieder zuzuführen, bevor das Abgas in die Umwelt ausgeleitet wird. Bevorzugt ist deshalb in den Abgasstrang für das Abgas aus der Heizeinrichtung ein Wärmetauscher integriert, wobei für die Energierückgewinnung aus dem heißen Abgas auch ein Wärmetauscher genutzt werden kann, der parallel, aber getrennt auch die Abgase aus der Verbrennungskammer abkühlt. Die im Wärmetauscher zurückgewonnene Energie kann in einer Energierückgewinnungsanlage für die Verbrennungsanlage verwertbar umgewandelt werden.

Für das Abgas aus der Verbrennung des Brennstoffs kann eine eigene weniger komplexe Filter- und Reinigungsstrecke vorgesehen sein, um für das aus der Heizeinrichtung stammende Abgasvolumen die gesetzlichen Vorschriften für die Luftreinhaltung zu erfüllen. Die Verbrennungsanlage weist also bei dieser Ausgestaltung zwei voneinander getrennt arbeitende Abgasstränge auf, von denen der einfacher ausgestaltete erste Abgasstrang auf die Abführung und Reinigung der aus der Verbrennung des Brennstoffs in der Heizeinrichtung entstehenden Abgase und der aufwendiger ausgestaltete zweite Abgasstrang auf die Abführung und Reinigung der aus dem Kremierungsprozess herrührenden Abgase ausgelegt ist. Als Abgasstrang

für die Abgase aus der Verbrennungskammer im Sinne der Erfindung ist die gesamte Förderstrecke zu verstehen, an der entlang das Abgas aus der Verbrennungskammer durch verschiedene Komponenten der Verbrennungsanlage hindurch geleitet wird, bis es schließlich in die Umwelt ausgeleitet wird. Zum Abgasstrang zählen deshalb alle Komponenten der Nachverbrennung, Kühlung, Abscheidung von Feststoffen, Abscheidung von Schwebstoffen, die Absorptionsanlage, die Kalkwasser-Reinigungsstufe sowie die dazwischen angeordneten Verbindungsleitungen bis zum Auspuffrohr.

Schließlich ist es durch die getrennte Abführung des Abgases aus der Verbrennung des Brennstoffs außerhalb der Verbrennungskammer möglich, den Luftdurchsatz durch die Verbrennungskammer auf ein für den eigentlichen Kremierungsprozess unbedingt erforderliches Maß abzusenken. Die Wärmeverluste in der Verbrennungskammer, die durch die Zu- und Abführung von Abgas aus einer Heizvorrichtung, Frisch- und Abluft entstehen, werden dadurch ebenfalls auf ein für den eigentlichen Kremierungsprozess unvermeidliches Maß abgesenkt. Auch dadurch sinkt der Energiebedarf eines Kremierungsprozesses deutlich. Die Frischluftzufuhr kann dabei prozessgeführt erfolgen, also angepasst an den aktuellen Frischluftbedarf je nach aktuell in der Verbrennungskammer ablaufenden chemischen Prozessen im Rahmen der Verbrennung. Wenn hier von Frischluftzufuhr die Rede ist, kann es sich dabei um Außenluft, reinen Sauerstoff oder andere Zusammensetzungen von Gasen handeln.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Heizstrahlrohr auf eine Betriebstemperatur über 900 °C ausgelegt und das Heizstrahlrohr ist aus einem hochtemperaturfesten Stahl, einem keramischen Werkstoff und/oder einem Verbundwerkstoff gefertigt. Die gegenüber dem Stand der Technik höhere Betriebstemperatur des Heizstrahlrohrs von über 900 °C beschleunigt die Verbrennung und kann mit einer entsprechenden Heizeinrichtung schnell erreicht und aufrechterhalten werden. Bevorzugt liegt die Betriebstemperatur sogar bei über 1.000 °C. Die vorgeschlagenen Werkstoffe verfügen über eine hohe Temperaturstabilität und eignen sich deshalb sehr gut für die Verwendung in Heizstrahlrohren in dem Temperaturspektrum, mit dem die Verbrennungskammer betrieben wird. Bei einem Einsatz dieser Werkstoffe verfügen die Heizstrahlrohre über eine hohe Formstabilität und lange Standzeit trotz der hohen Betriebstemperaturen.

Als temperaturfeste Stähle sind insbesondere ferritische, austenitische oder martensitische Stähle mit einem erhöhten Chromanteil und/oder Oxidpartikel-verstärkte und nanostrukturierte ferritische Legierungen brauchbar. Bei dem keramischen Werkstoff kann es sich beispielsweise um Siliziumnitrid und/oder Siliziumcarbid handeln. Eine Siliziumcarbid-Verbundkeramik kann bei Bedarf mit einer speziellen Kohlen-/Keramikfaserverstärkung versehen werden.

Mit hochtemperaturfesten Stählen und Keramiken sind solche Werkstoffe gemeint, die dauerhaft Temperaturen oberhalb von 900° C, bevorzugt oberhalb von 1000 °C, standhalten. Wenn ein Heizstrahlrohr aus einem derartigen Werkstoff gefertigt ist,

kann die Verbrennungskammer durch den hohen Temperaturüberschuss des Heizstrahlrohrs sehr schnell auf den für einen Kremierungsprozess vorgeschriebenen Wert von 650 °C aufgeheizt werden. Die Prozesszeiten werden dadurch verkürzt. Auch während des Kremierungsprozesses ist es durch den hohen Temperaturüberschuss möglich, auch in Phasen einer höheren Umsetzung von Prozessenergie das vorgeschriebene Temperaturniveau zu halten, auch wenn der hohe Energiebedarf nicht durch zuvor in den Wänden gespeicherte Energie abgepuffert werden kann. Auch ist es möglich, die Prozesszeit zu verkürzen, indem die Verbrennung in der Verbrennungskammer bei Temperaturen stattfindet, die deutlich oberhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Mindesttemperatur von 650 °C liegen. Mit einem hochtemperaturfest ausgelegten Heizstrahlrohr ist es möglich, in der Verbrennungskammer Prozesstemperaturen von 800 °C und mehr zu erreichen und diese auch über einen Teil oder die gesamte Prozesszykluszeit zu halten. Im Ergebnis ermöglichen die hohen Leistungsreserven, die die hochtemperaturfest ausgeführten Heizstrahlrohre bieten, ein hohes Einsparpotential für Energieeinsparungen im Gesamtprozess.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest eine der Wände der Verbrennungskammer als Doppelwand ausgeführt, bei der der Zwischenraum zwischen der der Verbrennungskammer zugewandten ersten Wand und der der Verbrennungskammer abgewandten zweiten Wand als Luftführungs kanal zur Zuführung von Zuluft in die Verbrennungskammer oder zur Abführung von Abluft aus der Verbrennungskammer ausgestaltet ist. Bei der Zuführung von Frischluft nimmt diese Wärme aus der der Verbrennungskammer zugewandten ersten Wand der Doppelwand auf. Sie

kühlt damit diese erste Wand und heizt sich dabei selbst auf, so dass sie nach ihrem Eintritt in die Verbrennungskammer nicht erst dann und vollständig auf die Betriebstemperatur in der Verbrennungskammer aufgeheizt werden muss. Die Doppelwand wirkt auf diese Weise einerseits als eine thermische Isolierung der Verbrennungskammer, die den Wärmeaustrag aus der Verbrennungskammer nach außen eindämmt, und andererseits als eine Heizvorrichtung, die dazu genutzt wird, die in den Zwischenraum einstrahlende Wärme dafür zu nutzen, die der Verbrennungskammer zuzuführenden Frischluft anzuwärmen, um die für die Aufheizung der Zuluft benötigte Energiemenge möglichst gering zu halten. Die Doppelwand verringert also den Dämmaufwand, der zur thermischen Dämmung der Verbrennungskammer betrieben werden muss, und die Doppelwand steigert die energetische Effizienz der Verbrennungsanlage.

Auf der Abluftseite der Verbrennungskammer kann die Doppelwand als eine Nachbrennkammer genutzt werden. Zu beachten ist hier, dass es sich bei der Abluft aus der Verbrennungskammer um eine Mehrphasenströmung handelt, in der sich Gas und Feststoffe bewegen. Um die thermische Umsetzung der in der Abluft bewegten Gase und Feststoffe zu unterstützen, ist es gesetzlich vorgeschrieben, in der Nachbrennkammer eine Temperatur von mindestens 850 °C zu halten. Die Mindesttemperatur in der Nachbrennkammer ist also nochmals 200° höher als die Temperatur in der Verbrennungskammer. Die Abluft muss auch über einen Mindestzeitraum von 2-3 Sekunden in der Nachbrennkammer verweilen. Indem der Zwischenraum in der Doppelwand als Nachbrennkammer genutzt wird, trägt die Wärmeabstrahlung von der die Nachbrennkammer von der Verbrennungskammer trennenden ersten Wand

dazu bei, das Mindesttemperaturniveau in der Verbrennungskammer zu halten. Energetisch wird also die Wärmeabstrahlung aus der Nachbrennkammer noch für den Verbrennungsprozess in der Verbrennungskammer genutzt. Von der Wandung der Nachbrennkammer muss nur die nach außen weisende zweite Wand der Doppelwand nach außen hin thermisch isoliert werden, wodurch sich der Bauaufwand für die Verbrennungskammer verringert.

Die Nachbrennkammer kann so gestaltet sein, dass sie den Nachbrennprozess günstig beeinflusst. Der eine Nachbrennkammer enthaltende Zwischenraum in einer Doppelwand kann einen einzigen Strömungskanal enthalten, oder der Zwischenraum ist in verschiedene voneinander getrennte und nebeneinander angeordnete Strömungskanäle aufgeteilt. Beispielsweise durch eine Verjüngung eines Strömungskanals kann eine hohe Strömungsgeschwindigkeit über eine lange Strecke sichergestellt werden, um dadurch den Feststofftransport über eine längere Strecke zu unterstützen und eine Ablagerung von Feststoffen in der Nachbrennkammer möglichst zu vermeiden. Die Abluft kann glühende Partikel und Flugasche sowie Schwebstoffe enthalten, die den Abluftkanal in der Nachbrennkammer möglichst nicht verstopfen sollen. Auch die vorgeschriebenen Verweilzeiten des Abgases aus dem Kremierungsprozess können darüber gewährleistet werden.

Da der Wärmeübergang sowohl aus der Verbrennungskammer auf die Zuluft als auch aus der Nachbrennkammer in die Verbrennungskammer erwünscht ist, können die jeweils der Verbrennungskammer zugewandten ersten Wände der Doppelwände

vergleichsweise dünn ausgeführt werden. Die erste Wand kann zwar noch als Schamottstein ausgebildet sein, allerdings mit einer erheblich reduzierten Wandstärke. Sie wirkt dann noch als mechanisch stabilisierende und thermisch egalisierende Grenzfläche zur Isolierung der Verbrennungskammer nach außen. Im Verhältnis zu den Schamottsteinwänden in den herkömmlichen Verbrennungsanlagen, die besonders dick und schwer ausgeführt sein müssen, um viel Wärme speichern zu können, wird durch die Doppelwände viel Material an Schamottsteinen und damit Gewicht und Bauaufwand der Vorrichtung insgesamt eingespart. Das gilt auch für die Isolierung der Außenwände der Verbrennungskammer, weil die zweiten Wände einer mit Zuluft isolierten und gekühlten Doppelwand kühler sind als die Wände einer herkömmlich ausgestalteten Verbrennungskammer und die Nachbrennkammer nur einseitig auf der Seite der zweiten Wand der Doppelwand thermisch isoliert werden muss.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die von der Zuluft und/oder der Abluft in der Doppelwand zurückzulegende Strecke durch eine mehrfache Umlenkung der Strömung durch ein oder mehrere in der Doppelwand angeordnete Umlenkungselemente verlängert. Durch die Verlängerung der Strömungsstrecke der Zuluft in der Doppelwand kann sich diese stärker aufheizen. Durch die Verlängerung der Strömungsstrecke der Abluft in der Doppelwand verweilt diese länger in der Hochtemperaturzone in der Nachbrennkammer, was die chemische Umsetzung der in der Abluft enthaltenen Gase und Feststoffe unterstützt. Die Umlenkungselemente in der Doppelwand können insbesondere labyrinthartig angeordnet sein, woraus sich eine effektive Verlängerung der Strömungsstrecke ergibt.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Zwischenraum zumindest einer Doppelwand zur Aufheizung der Zuluft und der Zwischenraum zumindest einer Doppelwand für eine Nachbrennkammer für die Abluft genutzt, wobei das Doppelwand-Volumen für die Aufheizung der Zuluft größer ist als das für die Nachbrennkammer. Es ist schon möglich, nur eine einzige Doppelwand entsprechend zu unterteilen. Bei einer rechteckigen Grundfläche der Verbrennungskammer kann beispielsweise auch die schmalere Stirnwand der Verbrennungskammer als Doppelwand für eine Nachbrennkammer für die Abluft ausgebildet sein, während eine Langseite der Verbrennungskammer eine Doppelwand aufweist, die für die Aufheizung der Zuluft genutzt wird. Bei gleicher Wanddicke und Bauhöhe der Doppelwände ergibt sich so ein größeres Volumen für die Anwärmung der Zuluft. Es ist auch möglich, drei als Doppelwand ausgestaltete Seitenwände der Verbrennungskammer für die Aufheizung der Zuluft zu nutzen, während nur eine als Doppelwand ausgestaltete Seitenwand als Nachbrennkammer genutzt wird.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist ein Bodensegment der Verbrennungskammer mittels einer Hubvorrichtung zwischen einer die Verbrennungskammer nach unten hin schließenden Schließstellung und einer darunter befindlichen Offenstellung, in der die Verbrennungskammer nach unten hin geöffnet ist, in vertikaler Richtung hin und her beweglich. Durch das in vertikaler Richtung bewegliche Bodensegment kann die Beschickung der Verbrennungskammer mit einem zu verbrennenden Leichnam erfolgen. Das Bodensegment stellt zusammen mit der Hubvorrichtung eine Art Hubtisch dar, der aus der Schließstellung so weit nach unten hin absenkbar

ist, dass er in der Offenstellung von der Seite her mit einem zu verbrennenden Leichnam beschickt werden kann und von dem nach der Verbrennung die Reste eines Leichnams ebenfalls zur Seite hin abgeräumt werden können. Wenn sich das Bodensegment in der Schließstellung befindet, ist die Verbrennungskammer nach unten hin geschlossen, und ein Leichnam kann in der Verbrennungskammer verbrannt werden. Die Beschickung der Verbrennungskammer von unten her anstelle der herkömmlichen Beschickung durch eine seitlich in der Verbrennungskammer angebrachte Ofentür ist thermodynamisch und energetisch ideal, weil dabei die Wärmeverluste geringgehalten werden. Das Bodensegment weist Abmessungen auf, die groß genug sind, um Leichname in üblichen Größen auf dem Bodensegment liegend in die Verbrennungskammer befördern zu können.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist das Bodensegment an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung thermische Isolierungen auf. Auch wenn sich das Bodensegment in seiner Schließstellung nur an der Unterseite der Verbrennungskammer befindet, heizt sich dieses im Verlauf eines Verbrennungszyklus zumindest annähernd auf die Temperatur auf, die die Brennkammer während der Verbrennung eines Leichnams hat. Die Temperatur beträgt demnach dann zumindest annähernd mindestens 650 °C. Um die Wärmeabstrahlung nach außen über die Fläche des Bodensegments, aber auch über die Fugen zu den angrenzenden Bauteilen der Verbrennungskammer und zu der Hubvorrichtung zu verringern, ist es vorteilhaft, die entsprechenden

Bauteile am Bodensegment thermisch zu isolieren. Die Isolierung kann durch Bauteile erfolgen, die den Betriebstemperaturen des Bodensegments widerstehen und die anstehende Wärme nur schlecht ableiten.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist das Bodensegment an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung und/oder angrenzende Bauteile der Verbrennungsanlage eine Wasserkühlung auf. Über eine Wasserkühlung können die Schnittstellen des Bodensegments zu angrenzenden Bauteilen der Verbrennungsanlage in einem thermisch unkritischen Bereich gehalten werden. Die Bauteile der Wasserkühlung und die leistungsmäßige Auslegung des Kühlaggregats können an die gewünschten Temperaturen angepasst werden, die das Bodensegment in den gekühlten Bereichen aufweisen soll.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Bodensegment mit einem Unterbrecherschalter verbunden, der die Heizeinrichtung, ein Zuluftgebläse und/oder ein Abluftgebläse abschaltet oder herunterregelt, wenn sich das Bodensegment außerhalb seiner Schließstellung befindet. Wärmeverluste während eines Beladungswechsels werden dadurch verringert.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist auf das Bodensegment eine Wechselwanne aufgelegt, an der Tragelemente ausgebildet sind, über die die Wechselwanne beweglich ist. Während des Verbrennungsprozesses dient die Wechselwanne als

Unterlage und Auffangbecken für Feststoffe, Öle und Fette, die sich bei der Verbrennung bilden. Die Wechselwanne ist deshalb bevorzugt nach unten hin geschlossen und verfügt über seitliche Ränder, die über die übrige Fläche der Wechselwanne nach oben hin überstehen. Die Wechselwanne kann sich über die gesamte Bodenfläche der Verbrennungskammer erstrecken und bietet dadurch einen verbesserten Schutz gegen Querkontamination. Ein Sarg oder ein Wechselsarg können auf die Wechselwanne gestellt werden, bevor die Wechselwanne mit dem aufstehenden Sarg in die Brennkammer gehoben wird. Die Wechselwanne kann auch selbst einen Wechselsarg bilden, in den ein zu verbrennender Leichnam eingelegt wird. Der Sarg oder Wechselsarg können während des Verbrennungsprozesses mit verbrennen, oder es wird ein Wechselsarg benutzt, der beispielsweise aus einem hochtemperaturfesten Stahl gefertigt und dadurch wiederverwendbar ist und nicht während des Verbrennungsprozesses verbrennt, um die CO₂-Belastung der Abluft aus dem Verbrennungsprozess möglichst gering zu halten. Die Wechselwanne vereinfacht es, die Reste eines Leichnams aus der Verbrennungskammer zu entfernen. Die Wechselwanne wird einfach nach unten hin aus der Verbrennungskammer entnommen, sie kann vom Bodensegment abgenommen und von der Verbrennungsanlage entfernt von Verbrennungsresten eines Leichnams gereinigt werden. Dabei ist es möglich, nahezu alle Reste eines Leichnams individuell von den Resten anderer Leichname getrennt aus der Verbrennungskammer zu entfernen und diese in einer Urne zu sammeln, in der sich dann nur die Überreste einer bestimmten Person befinden, was aus Pietätsgründen geboten ist.

Nach dem Ende des Brennprozesses kann die Wechselwanne vom Bodensegment abgenommen werden. Von der Wechselwanne können danach darauf befindliche Feststoffe und Asche abgenommen und einer persönlichen Urne, die nur die Überreste einer einzigen Person beinhaltet, zugeführt werden. Das Bodensegment dient bei der Verwendung einer oder mehrerer Wechselwannen also dem Zweck, die Be- und Entladung der Verbrennungskammer zu vereinfachen und die Genauigkeit in der individuellen Zuordnung von Verbrennungsresten zu einem individuellen Leichnam zu verbessern. Für die Vorbereitung eines Leichnams auf die Verbrennung und die Abförderung, Separation und Aufbereitung der Verbrennungsreste kann zumindest eine Wechselwanne genutzt werden. Zur Aufnahme eines neuen Leichnams und die Entfernung der Verbrennungsreste aus der Verbrennungskammer muss diese also nur kurz geöffnet werden, sodass dabei nur geringe Wärmeverluste entstehen. Über mehrere im Umlauf benutzte Wechselwannen, auf die zur Vorbereitung einer Verbrennung ein Sarg aufgestellt wird, die sich in der Verbrennungskammer befinden, die nach der Verbrennung geleert, auskühlen und die nach dem Auskühlen gereinigt werden, ist ein kontinuierlicher Dauerbetrieb der Verbrennungsanlage möglich.

Über die Tragelemente kann eine Wechselwanne auch dann bewegt werden, wenn sie aus dem Verbrennungsprozess erhitzt ist. Bevorzugt handelt es sich bei den Tragelementen um einstückig mit der Wechselwanne verbundene Formkörper, wie beispielsweise ein- oder mehrfach umgekantete Blechlaschen, im Blech ausgestanzte Ösen und dergleichen, die auch bei hochtemperaturfesten Stählen oder kerami-

schen Werkstoffen einfach herstellbar sind. Die Förderhilfen, die dazu benutzt werden, die Wechselwannen zu bewegen, verfügen vorteilhaft über zu den Tragelementen passend geformte Werkzeuge, um eine Wechselwanne sicher erfassen, heben, bewegen und absetzen zu können.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Wechselwanne aus einem hochtemperaturfesten Stahl, einem keramischen Werkstoff und/oder einem Verbundwerkstoff gefertigt. Wenn die Wechselwanne aus einem solchen Werkstoff gefertigt ist, vermag sie der thermischen Belastung in der Verbrennungskammer standzuhalten. Für die Vorteile und Eigenschaften der genannten Werkstoffe für eine Wechselwanne gelten die vorstehenden Ausführungen zu einem hochtemperaturfest ausgeführten Heizstrahlrohr entsprechend. Die Wechselwanne und auch der Wechselsarg sind bevorzugt nicht mit einem Deckel versehen, da dieser als Hitzeschild wirken könnte, der den Verbrennungsprozess behindert. Die Wechselwanne oder der Wechselsarg können mit einem textilen Überzug oder einer Vliesabdeckung versehen sein, um dem pietistischen Anspruch zu genügen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist unter der Verbrennungskammer eine Förderanlage mit einer Aufgabestation, einer Wechselstation und einer Abgabestation angeordnet, mit der die Wechselwannen dem Bodensegment zuführbar und/oder vom Bodensegment abführbar sind. Die Förderanlage dient dem Zweck, die Wechselwannen zu- und abzufördern. Für die Förderanlage ist eine Aufgabestation, eine Wechselstation und eine Abgabestation vorgesehen, um die Wechselwannen entsprechend zwischen diesen Positionen hin und her bewegen zu können. Für die

Förderanlage können alle geeigneten Fördermittel verwendet werden, um die Wechselwannen zwischen den Aufgabe-, Wechsel- und Abgabestationen hin und her bewegen zu können, wobei auch teilweise oder vollständig Förderhilfen wie Gabelstapler oder Hubwagen genutzt werden können. Für das Handling der Wechselwanne und/oder des Wechselsarg kann auch ein Industrieroboter eingesetzt werden, was angesichts der hohen Temperaturen, mit denen diese Elemente aus der Verbrennungskammer kommen, sinnvoll erscheint.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Förderanlage als Förderschlitten mit zumindest zwei Aufstellpositionen für Wechselwannen ausgebildet. Der Förderschlitten kann auf Schienen montiert sein, auf denen der Förderschlitten angetrieben hin und her beweglich ist. Der Förderschlitten kann aber auch als ein autonom, beispielsweise auch fahrerlos, bewegliches oder zwangsgeführt ausgestaltetes Fahrzeug ausgebildet sein, das zwischen verschiedenen Positionen selbsttätig oder von einer Person gesteuert hin und her fährt. Die zumindest zwei Aufstellpositionen des Förderschlittens dienen dazu, darauf zeitgleich eine noch in die Verbrennungskammer zu befördernde Wechselwanne und eine aus der Verbrennungskammer frisch entnommene Wechselwanne befördern zu können. Bei der Zuführung eines neuen Sargs zur Verbrennungskammer kann die erste Aufstellposition frei und die Wechselwanne mit dem zuzuführenden Sarg auf der zweiten Aufstellposition platziert sein. Nach dem Verfahren des Förderschlittens aus der Aufnahme- in die Wechselposition kann eine noch in der Verbrennungskammer befindliche Wechselwanne mit dem Bodensegment auf der ersten Aufstellposition abgesetzt werden. Nach einer kurzen anschließenden seitlichen Verfahrbewegung des Förderschlittens

in eine dafür passende Position kann das Bodensegment die zweite Wechselwanne von der zweiten Aufstellposition des Förderschlittens übernehmen und in die Verbrennungskammer hochfahren, wodurch dann die zweite Aufstellposition frei geworden ist. Der Förderschlitten kann sich darauf in eine Abgabeposition bewegen, in der die zuvor vom Bodensegment abgenommene noch heiße Wechselwanne vom Förderschlitten abgenommen und in einen Entleerungsbereich befördert wird, wodurch dann auch die erste Aufstellposition frei ist. Der Förderschlitten kann sich dann in seine Ausgangsposition zurückbewegen, um erneut mit einer Wechselwanne bestückt zu werden. In nur einem Fahrzyklus können durch die zwei Aufstellpositionen zwei Wechselwannen zumindest zeitweise zeitgleich bewegt werden. Der Betrieb des Förderschlittens ist mit einem vergleichsweise geringen Aufwand automatisierbar.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung sind die Wechselwanne und/oder ein Wechselsarg und/oder ein Deckel mit einer Feststoff-Ausschüttöffnung versehen. Mit der Feststoff-Ausschüttöffnung wird der Schüttvorgang vereinfacht. Die Feststoff-Ausschüttöffnung kann als ein ausgestülpter Ausguss ausgebildet sein, die in einer Seitenwand der Wechselwanne, des Wechselsargs und/oder einem Deckel ausgebildet ist, der als Bestandteil der Kippvorrichtung auf die Wechselwanne und/oder den Wechselsarg aufgesetzt wird. Die Feststoff-Ausschüttöffnung kann sich trichterartig verjüngen, um Schüttverluste zu vermeiden. Die aus der Feststoff-Ausschüttöffnung rieselnden Feststoffe können in den Einlauf eines Mahlwerkes rieseln, indem die

Feststoffe, insbesondere Knochen, zu einem Mehl vermahlen werden. Im Schüttbereich kann ein Filtertuchadapter vorhanden sein, das den Zwischenraum zwischen der Feststoff-Ausschüttöffnung und dem Einlauf staubdicht abdichtet.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungsanlage eine Kippvorrichtung zum Kippen einer Wechselwanne und/oder eines Wechselsargs auf. Die Kippvorrichtung kann sich insbesondere an die Abgabestation eine Kippvorrichtung zum Kippen einer Wechselwanne und/oder eines Wechselsargs anschließen. Die Kippvorrichtung bildet einen optionalen Bestandteil der Verbrennungsanlage. Mit der Kippvorrichtung können in der Wechselwanne oder einem Wechselsarg befindliche Reste eines verbrannten Leichnams ausbefördert werden. In der Kippstellung der Wechselwanne und/oder des Wechselsargs fallen die auf der Wechselwanne und/oder in dem Wechselsarg liegenden Reste des Leichnams durch Schwerkraft und/oder durch entsprechende Entleerungshilfsmittel wie beispielsweise ein Schaber, ein Besen und dergleichen bedingt in eine Auffangvorrichtung, die einen Teil der Kippvorrichtung bildet und von der aus die darin angesammelten Reste einer Urne zugeführt werden können. Für die Kippvorrichtung können für sich bekannte technische Vorrichtungen verwendet werden. Ein Bestandteil der Kippvorrichtung kann ein Deckel sein, der auf die Wechselwanne oder den Wechselsarg aufgesetzt wird, um den Staubanfall beim Kippvorgang zu verringern.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungsanlage eine der Kippvorrichtung vor- oder nachgelagerte und einem Mahlwerk vorgeordnete Sichtungstation zur Kontrolle der sterblichen Überreste eines Leichnams auf, wobei die

Sichtungsstation mit einem Metallseparator versehen ist. Vor dem Eintritt in ein Mahlwerk einer Knochenmühle können, wie nach dem Stand der Technik üblich, Implantate, Sargbeschläge und andere metallische Gegenstände, die in der Brennkammer nicht zerfallen sind, händisch herausgelesen werden. Bei der Knochenmühle kann es sich vorzugsweise um eine langsam laufende Schneidmühle handeln, um Beschädigungen am Mahlwerk zu vermeiden. Für die Sichtung der Überreste kann der Deckel zur Wechselwanne vorzugsweise am Ende der geneigten Seite mit einer Klappe versehen bzw. aufklappbar sein. Zwischen Wechselwanne und Knochenmühle kann aber auch ein Metallseparator angeordnet sein. Auf einen Magnetabscheider würde die meisten Implantate, die meistens aus Nichteisenmetallen gefertigt sind, nicht reagieren. Gleichwohl kann der aerodynamische Metallseparator durch einen insbesondere vorgeschalteten Magnetfilter entlastet werden. Separationsprozess und Transfer können staubfrei vonstatten gehen, metallische Rückstände können entsprechend chargenweise und auf Wunsch den Hinterbliebenen überlassen werden oder anonym in einen Metallsammelbehälter zwischengelagert und final in einen Metallrecycling/-Verwertungsprozess eingespeist werden. Vorzugsweise kann ein aerodynamischer Separator, der nach unterschiedlichen Materialdichten separiert, vorgesehen werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungskammer ein Zuluftgebläse und/oder ein dem Abgasstrang zugeordnetes Abluftgebläse auf, wobei das Zuluftgebläse und/oder das Abluftgebläse an eine elektronische Steuerungs- und Regelungseinrichtung zur Prozessführung des Kremierungsprozesses angeschlossen sind, wobei die Steuerungs- und Regelungseinrichtung ein Softwareprogramm

aufweist, mit dem die Förderleistungen des Zuluftgebläses und/oder des Abluftgebläses regelbar sind.

Der Verbrennungsprozess in der Verbrennungskammer verläuft in chemischer Hinsicht nicht linear. Es ist vielmehr so, dass der zu verbrennende Leichnam sich in einer ersten Phase nur aufheizt, dann eine Phase beginnt, bei der viel von dem im Körper enthaltenen Wasser verdampft, was viel Energie verbraucht, aber noch keinen hohen Sauerstoffbedarf auslöst, parallel zur Verdampfung des Wassers die Oxidation und andere chemische Reaktionen beginnen und sich im weiteren Zeitverlauf zunehmend steigern, wofür dann eine zunehmende Menge an Sauerstoff benötigt wird und wobei Energie und Abgase freigesetzt werden, und dann nach einiger Zeit die chemische Umsetzung mit einem entsprechend reduzierten Wärme- und Frischluftbedarf abklingt, wonach dann der Verbrennungsprozess endet. Aus diesem nicht-linearen Verlauf des Verbrennungsprozesses ist erkennbar, dass sowohl der Energiebedarf als auch der Frischluftbedarf während des Verbrennungsprozesses variieren. Über die Steuerungs- und Regelungseinrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Prozessführung des Kremierungsprozesses ist es möglich, sowohl die Energiezufuhr über eine Leistungsregelung der Heizeinrichtung als auch die Frischluft- und gleichbedeutend die Sauerstoffzufuhr durch eine Leistungsregelung des Zuluft- und des Abluftgebläses zu regeln.

Eine Leistungsregelung kann auch dazu genutzt werden, um eine Vermischung von Flugascherückständen verschiedener Kremierungsprozesse im Abgasstrang durch eine geregelte Prozessführung des Zuluftgebläses und/oder des Abluftgebläses zu

vermeiden. Ist die Brennkammer geöffnet, regelt die Steuerungs- und Regelungseinrichtung einen minimalen Unterdruck im System ein, so dass minimaler Wärmeverlust ohne Staubemissionen gewährleistet werden kann. Während der laufenden Verbrennung wird ständig Flugasche im Separator gesammelt und in Separator und dem Staubfilter abgeschieden, sofern das Zuluftgebläse und/oder das Abluftgebläse in Betrieb sind. Die Flugasche aus einer vorheriger Verbrennung ist dann bereits zuvor abgefördert und gesammelt worden. Intern verriegelt ist das System durch die Zellenradschleuse direkt unterhalb des Separators.

Der zeitliche Ablauf von zwei aufeinanderfolgenden Verbrennungsprozessen stellt sich wie folgt dar: das Herausnehmen der Wechselwanne aus der Verbrennungskammer aus dem Verbrennungsprozess (a) und das Einsetzen der Wechselwanne aus dem Prozess (b) gehen simultan über die Förderanlage. Das Schwenken der Wechselwanne (a) in der Kippvorrichtung wird nur unwesentlich schneller vonstattengehen als das Verschließen der Verbrennungskammer für Prozess (b), also das Nachladen des Thermoprozesses. Die Entleerung der Wechselwanne (a) mit Überresten aus Verbrennung (a) geht somit vonstatt, wenn die Verbrennung (b) bereits anläuft. Um eine Vermischung Flugasche (a+b) zu verhindern, kann der Gasstrom wie vor beschrieben auf minimalen Unterdruck zurückgefahren werden, sobald die Brennkammer geöffnet wird. Im gleichen Moment kann die Abreinigungssequenz der Filterpatronen gestartet werden, das alles bei laufender Taktschleuse. Die Abreinigung stoppt in dem Moment, wenn die bewegliche Bodenplatte der geöffneten Brennkammer wieder nach oben fährt. Die Zeitspanne „Hochfahren“ von etwa 10 Sekunden reicht aus, dass abgereinigter Staub den Separator und die Taktschleuse

im quasi freien Fall passiert haben können. Sobald die Verbrennungskammer wieder geschlossen ist, stoppt die Taktschleuse mindestens so lange, bis die Aschekapsel zu (a) gefüllt und entnommen und die nächste Aschekapsel zu (b) eingesetzt ist. Beispielsweise kann das Konusrohr des Separators als Pufferspeicher dienen, dieser kann dazu mit einem größeren Volumen ausgebildet werden oder ein zusätzlicher, abriegelbarer Behälter vorgesehen sein. Sollten beispielsweise bauliche Begebenheiten einer direkten Zuführung der Flugasche aus dem Separator an ein Mahlwerk entgegenstehen, kann auch mit jedem einzelnen Chargieren eine Urne an die Taktschleuse angeschlossen werden. Die jeweilige Urne kann genau das Behältnis sein, welches unmittelbar nach der Feststoffaufnahme an der Taktschleuse zu einem Mahlwerk verbracht wird, um mit den stückigen Verbrennungsrückständen genau der gleichen Charge beladen zu werden. Das Mahlwerk kann dazu mit einem Pufferbehälter ausgestattet sein.

Um den Kremierungsprozess sachgerecht steuern und regeln zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Steuerungs- und Regelungseinrichtung mit geeigneten Sensoren verbunden ist, die beispielsweise die Temperatur in der Verbrennungskammer, die Temperatur in der Nachbrennkammer, die relative Luftfeuchte im Abgas, die CO- und/oder die CO₂-Werte im Abgas und/oder andere prozessrelevante Werte messen und an die Steuerungs- und Regelungseinrichtung übermitteln. Die übermittelten Sensorwerte können über eine geeignete Software von der Steuerungs- und Regelungseinrichtung ausgewertet werden und in die Leistungsregelungen der Heizeinrichtung sowie des Zuluft- und Abluftgebläse einfließen. Bei einer an den aktuellen

Verlauf des Kremierungsprozesses angepassten Leistungsregelung der Heizeinrichtung sowie des Zuluft- und Abluftgebläses ergeben sich erhebliche Energieeinsparungen für den Kremierungsprozess.

Als Zuluftgebläse kann insbesondere ein Seitenkanalverdichter verwendet werden. Ein Seitenkanalverdichter besteht aus einem ringförmigen, geteilten Gehäuse in dem ein beschaukeltes Laufrad dreht. Die eng am Einlass vorbeistreichenden Schaufeln saugen das zu verdichtende gasförmige Medium in das Seitenkanalverdichter. Die Schaufeln beschleunigen das Gas vorwärts und nach außen. Das ringförmige Gehäuse lenkt das Gas um und führt es an die Basis nachfolgender Schaufeln zurück. Jeder dieser spiralförmigen Zyklen, der vielmals bei einer Umdrehung des Laufrades stattfindet, bewirkt die dynamische Druckerhöhung des Gases. Am Ende des Umlaufes schieben die Schaufeln das verdichtete Gas pulsationsfrei durch eine verengte statische Kammer zur Austrittsöffnung. Schaltet man in einem Aggregat zwei Kanäle oder Laufräder parallel, so erhält man eine möglichst hohe Luftmenge. Werden zwei Kanäle oder Laufräder hintereinander geschaltet, so erreicht man eine zweistufige Verdichtung. Ein Seitenkanalverdichter kann ohne Kühlung mit einer hohen Förderleistung bei einer hohen Energieeffizienz als Zuluftgebläse betrieben werden.

Als Abluftgebläse kann eine vorzugweise vergleichsweise leistungsstärkere und wassergekühlte Luftpumpe, vorzugweise eine Turbine, eingesetzt werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung sind das Zuluftgebläse und das Abluftgebläse vom Softwareprogramm auf Leistungswerte einregelbar, bei denen sich ein Atmosphärendruck oder ein Überdruck in der Verbrennungskammer einstellt. Nach dem Stand der Technik werden Verbrennungsanlagen stets mit einem Unterdruck betrieben, um zu verhindern, dass Abgase unkontrolliert in die Atmosphäre entweichen können. Da eine Verbrennungskammer allenfalls mit einem hohen Aufwand nach außen hin gegen den Atmosphärendruck abgedichtet werden kann, wird das Abluftgebläse bei den vorbekannten Verbrennungsanlagen mit einer Förderleistung betrieben, bei der sich einen Unterdruck im Verhältnis zum Atmosphärendruck in der Verbrennungskammer einstellt. Durch den Unterdruck in der Verbrennungskammer kann bei einer nicht vollständig luftdicht abgedichteten Verbrennungskammer allerdings ein für den eigentlichen Verbrennungsprozess nicht benötigter Überschuss an Frischluft in die Verbrennungskammer einströmen, wodurch unnötige Wärmeverluste entstehen. Bei einer Druckregelung auf den Atmosphärendruck oder einen Überdruck wird ein solcher Überschuss an zuströmender Frischluft in der Verbrennungskammer vermieden. Mit einer solchen Druckregelung können unnötige Wärmeverluste, eine unnötig hohe Förderleistung des Abluftgebläses sowie unnötig große Abluftmengen in der Abluftreinigung vermieden werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungsanlage nur ein Zuluftgebläse auf, das die Abgase aus der Verbrennungskammer in die Nachbrennkammer und in den Abgasstrang drückt, und die Verbrennungskammer ist mit Ausnahme der Abluftöffnung in die Nachbrennkammer gasdicht ausgeführt. Der aus dem Stand der Technik vorbekannte Unterdruckbetrieb der Verbrennungskammer

wirkt sich nachteilig auf das Temperaturmanagement in der Verbrennungskammer und den Gesamtenergieverbrauch der Verbrennungsanlage aus. Um Unterdruck schaffen zu können, ist auf der heißen Abgasseite der Verbrennungskammer ein Sauggebläse erforderlich, das über den in der Verbrennungskammer erzeugten Unterdruck ständig kalte Frischluft in die nicht gasdicht ausgeführte Verbrennungskammer zieht. Dadurch entstehen Wärmeverluste in der Verbrennungskammer, die vermieden werden, wenn die Verbrennungskammer nicht mit einem Unterdruck betrieben wird. Um einen unerwünschten unkontrollierten Austritt von Abgasen aus der Verbrennungskammer zu vermeiden, ist auf der Frischluftseite das Zuluftgebläse angeordnet, mit dem ein mengenmäßig gut kontrollierbarer Frischluftstrom in die Verbrennungskammer eingeblasen wird. Durch die kontrollierte Frischluftzufuhr werden unnötige Wärmeverluste in der Verbrennungskammer vermieden, insbesondere auch dann, wenn die Menge der zugeführten Frischluft anhand von Sensordaten bestimmt wird, die prozessrelevante Reaktionsbedingungen in der Verbrennungskammer abbilden und bei deren softwaregestützten Auswertung erkennbar ist, welche Frischluft- und Sauerstoffmengen aktuell in der Verbrennungskammer benötigt werden. So kann das Zuluftgebläse so gesteuert sein, dass es erhöhte Frischluftmengen nur dann der Verbrennungskammer in einer passenden Menge zufördert, wenn diese für die dort ablaufenden chemischen Prozesse tatsächlich gebraucht werden, und die Frischluftzufuhr reduziert und möglicherweise auch ganz einstellt, wenn für die chemischen Prozesse keine Frischluft benötigt wird. Die in die Verbrennungskammer eingeblasene Frischluft erzeugt dort im Verhältnis zum Atmosphärendruck in der Umgebung der Verbrennungsanlage zwar einen Überdruck, der sich aus dem Abgasgedruck aus der Nachbrennkammer und dem Abgasstrang und einem dort

eventuell vorhandenen zusätzlichen Druckregelventil ergibt. Da die Verbrennungskammer mit Ausnahme der Abluftöffnung in die Nachbrennkammer aber gasdicht ausgeführt ist, können die Abgase aus der Verbrennungskammer trotz des dort herrschenden Überdrucks nur über die Abluftöffnung zur Nachbrennkammer aus der Verbrennungskammer austreten. Von der Nachbrennkammer aus wird das Abgas aus der Verbrennungskammer abgekühlt und gereinigt, bevor es energiereduziert in die Umwelt abgegeben wird. So ist sichergestellt, dass keine kontaminierten Abgase in die Umwelt gelangen können. Die von dem Abgasstrang zu reinigende Gasmenge ist geringer, wenn die Frischluft nicht unkontrolliert und nicht in einer überschüssigen Menge in die Verbrennungskammer strömt, und der Abgasstrang kann insgesamt kleiner dimensioniert werden, wodurch der Herstellungs- und Betriebsaufwand für die Verbrennungsanlage kleiner gehalten werden kann. Da das Zuluftgebläse auf der kalten Seite der Verbrennungskammer arbeitet, benötigt dieses keine besonderen Vorkehrungen gegen die Hitze aus der Abluft, wie beispielsweise eine gesonderte Kühlung, und ist dadurch auch weniger aufwendig in der Herstellung und dem Betrieb.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist an die Nachbrennkammer über eine Abluftleitung ein Wärmetauscher angeschlossen, in dem Wärme aus dem Abluftstrom an ein Wärmemedium abgegeben wird, das zwischen dem Wärmetauscher und einer Energierückgewinnungsanlage in einer Ringleitung zirkuliert. Die Abluft, die aus der Nachverbrennkammer strömt, hat eine Temperatur von mindestens 850 °C. Da dieses hohe Temperaturniveau für die nachfolgende Reinigung der Abluft bestenfalls nicht erforderlich und im schlechtesten Fall sogar hinderlich ist, sollte die Abluft in

Strömungsrichtung der Abluft gesehen hinter der Nachbrennkammer abgekühlt werden. Auch aus technischen Gründen ist es vorteilhaft, die Temperatur des Abgases zu verringern, da die nachfolgenden Komponenten dann weniger stark thermisch belastet sind und deshalb technisch weniger anspruchsvoll ausgelegt werden können. Da die Abluft aus der Nachbrennkammer direkt hinter der Nachbrennkammer am heißesten ist, wird vorgeschlagen, die Abluft an dieser Stelle in einen Wärmetauscher zu leiten, in dem die Abluft abgekühlt wird. Da dort der Wärmeunterschied zwischen der Abluft und dem Wärmemedium am größten ist, kann besonders viel Wärmeenergie aus der Abluft auf das Wärmemedium übertragen und die Abluft dabei effektiv abgekühlt werden. Da direkt hinter der Nachbrennkammer auch noch keine erheblichen Wärmeverluste im Abgas eingetreten sind, ist es an dieser Stelle möglich, einerseits das volle Potenzial an rückführbarer Energie für die Energierückgewinnung zu nutzen, andererseits aber auch die Abgastemperatur erheblich zu senken, um die Abgasreinigung zu verbessern und effizienter zu gestalten. Durch die Übertragung der Wärmeenergie auf das Wärmemedium kann das Wärmemedium die von ihm aufgenommene Energie an eine Energierückgewinnungsanlage übertragen, um die darin enthaltene Energie soweit wie möglich für den Verbrennungsprozess, die Stromerzeugung oder für andere Energieverbräuche zu nutzen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Wärmemedium eine phasenwechselnde Flüssigkeit und die Energierückgewinnungsanlage eine mit der phasenwechselnden Flüssigkeit angetriebene Dampfturbine, der Dampfturbine ist ein von dieser angetriebener Stromgenerator nachgeordnet und der Stromgenerator wandelt die Rotationenergie der Dampfturbine in elektrischen Strom um. Als Wärmemedium

kann beispielsweise Wasser verwendet werden, das in dem Wärmetauscher zu Wasserdampf erhitzt wird. Zur Wärmerückgewinnung können statt Wasser aber auch andere geeignete Medien als Wärmemedium eingesetzt werden. In der Energierückgewinnungsanlage kann die Wärmeenergie in elektrischen Strom verwandelt werden, der wieder für die Verbrennungskammer nutzbar gemacht werden kann, beispielsweise als direkt eingesetzte elektrische Energie zur Erzeugung von Prozesswärme oder indirekt über die Erzeugung von Wasserstoff mit einer Elektrolyse-Anlage, wobei der erzeugte Wasserstoff als Brennstoff in der Heizeinrichtung genutzt werden kann, um die Heizstrahlrohre zu erhitzen. Der bei der Elektrolyse anfallende Sauerstoff kann direkt in Reinform oder zumindest als Frischluftzusatz in die Verbrennungskammer eingeblasen werden, um das Frischluftvolumen für die Verbrennungsprozesse und den für die Erwärmung erforderlichen Energiebedarf zu verringern. Über die Ringleitung wird das Wärmemedium von der Energierückgewinnungsanlage wieder zurück zum Wärmetauscher geführt, um dort erneut Energie aus der Abluft aufzunehmen. Die absolute Menge der für den Betrieb der Verbrennungskammer notwendigen Energie kann durch die Rückgewinnung zumindest eines Teils der im Abgas enthaltenen Energie vermindert werden.

Um das Risiko der Abscheidung von mit dem Abgas mitgenommenen Feststoffen im Wärmetauscher zu verringern, ist es vorteilhaft, wenn in dem Wärmetauscher möglichst kein Totraum vorhanden ist, möglichst keine Kanten im Innenraum des Wärmetauschers ausgebildet sind und der Strömungskanal im Wärmetauscher möglichst einen freien Durchgang für das durchströmende Abgas aufweist. Es ist möglich, das als Mehrphasenströmung durch den Wärmetauscher strömende Abgas im

Wärmetauscher auf ein Temperaturniveau $< 200\text{ °C}$ abzusenken, damit in der nachfolgenden Feststoffabscheidung ein möglichst hoher Abscheidegrad von Feststoffen erzielt wird.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist stromabwärts der Nachbrennkammer ein Separator zur Abscheidung von Feststoffen aus dem Abgas angeschlossen. Bei dem Separator kann es sich beispielsweise um einen Zyklon handeln, der als Fliehkraftabscheider arbeitet. Als Trennverfahren werden darin Zentrifugalkräfte verwendet, die durch Erzeugung einer Wirbelströmung entstehen. Im Fliehkraftabscheider werden die Gase – als Träger der abzuscheidenden Feststoff-Partikel – aufgrund ihrer eigenen Strömungsgeschwindigkeit durch den entsprechend gestalteten feststehenden Abscheider hindurch in eine Drehbewegung versetzt. Die Feststoffe werden in der Zentrifuge durch Dichteunterschiede zur umgebenden Gasfraktion getrennt, im Fliehkraftabscheider durch die Partikelmasse. Anstelle des Zyklons können auch andere für sich bekannte Trenntechniken verwendet werden. Die Oberflächen im Separator können sich im laufenden Betrieb durch schwerkraftbedingt nach unten abrutschende Feststoffe selbst reinigen, je nach verwendetem Separatortyp kann zu diesem Zweck aber auch die Abluftströmung zeitweise unterbrochen werden. Auch können die Innenwände des Separators gezielt angeschlagen oder in eine Vibration gebracht werden, um den Abfall der Feststoffe durch Schwerkraft zu unterstützen. Der Separator kann eine Kühlvorrichtung aufweisen, um das Abgas weiter abzukühlen, aber auch den Abscheideprozess durch kühlere Abscheideflächen zu unterstützen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist an den Separator ein über eine Taktschleuse beschickbarer Sammelbehälter angeschlossen. Die Taktschleuse schließt den Separator nach unten hin ab. Im Separator angesammelte Feststoffe rutschen im Separator nach unten und sammeln sich vor der Taktschleuse an. Der Separator kann dabei unterbrechungsfrei weiterlaufen. Die in dem Separator abgeschiedenen Feststoffe müssen in gewissen Zeitabständen entnommen werden, um ein Überlasten des Separators zu vermeiden. Nach dem Stand der Technik unterliegen die aus dem Abgas abgeschiedenen Feststoffe erstaunlicherweise keiner besonderen pietistischen Behandlung. Die Taktschleuse ermöglicht es, die Feststoffe aus dem Separator so zu entleeren, dass in dem Sammelbehälter nur die Feststoffe angesammelt werden, die während der Verbrennung eines bestimmten Leichnams im Separator abgeschieden worden sind. Über den Sammelbehälter können die darin befindlichen Feststoffe einer für die Aufnahme der sterblichen Überreste einer bestimmten Person vorgesehenen Urne oder dem Mahlwerk zur Aufbereitung der Verbrennungsreste aus der Verbrennungskammer zugeführt werden. Die Urne kann auch direkt an die Taktschleuse angeschlossen werden. Es ist auch möglich, die im Sammelbehälter angesammelten Feststoffe dem Mahlwerk über ein Zuführmittel wie einer Rohrleitung zuzuführen, mit dem die übrig gebliebenen Feststoffe aus der Verbrennungskammer zu einem Mehl vermahlen und in eine individuelle Urne abgefüllt werden. Die im Separator angesammelten Feststoffe aus der Verbrennung eines bestimmten Leichnams werden auf diese Weise zusammen mit den Feststoffen dieses bestimmten Leichnams aus der Verbrennungskammer einer Urne zugeführt. Dadurch ist auch eine pietätvolle Behandlung der aus den Abgasen abgeschiedenen Feststoffe möglich. Eine gesetzlich zulässige, aber aus Pietätssicht zweifelhafte Vermischung

von Flugascherückständen mehrerer Leichname und deren gemeinsamer Lagerung und Entsorgung als Sondermüll kann dadurch vermieden werden. Die Taktschleuse kann von der elektronischen Steuerungs- und Regelungseinrichtung über die zugehörige Software angesteuert und betätigt werden, um die Taktschleuse zu öffnen und dadurch die im Separator angesammelten Feststoffe in den Sammelbehälter zu entleeren. Die elektronische Steuerungs- und Regelungseinrichtung kann die Taktschleuse zumindest zum Ende der Verbrennung eines Leichnams öffnen und wieder schließen, wobei auch die dauernde Öffnung oder eine ein- oder mehrmalige Öffnung während des Verbrennungsprozesses eines Leichnams möglich sind. Die elektronische Steuerungs- und Regelungseinrichtung kann die Taktschleuse auch nur während eines Beladungswechsels in der Verbrennungskammer öffnen oder schließen. Die Taktschleuse kann auch manuell oder durch die Betätigung eines motorischen Stellantriebs entsprechend betätigt werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist stromabwärts des Separators ein Staubgasfilter zur Filterung des Abgases an den Separator angeschlossen. Der Staubgasfilter dient dem Zweck, aus dem Separator austretende Abgase von darin mitbewegten Schwebstoffen zu trennen, die nicht schon im Separator abgetrennt worden sind. Neben der rein physikalischen Schwebstoffabtrennung kann der Staubgasfilter auch die Funktion eines mechano-chemischen Reaktors übernehmen. Für den Staubgasfilter kann zudem eine automatische Abreiniguvorrichtung vorhanden sein. Die Oberflächen des Staubgasfilters können von Schwebstoffen gereinigt werden, in dem die Abluftströmung unterbrochen wird. Auch können die Innenwände des

Staubgasfilters gezielt in eine Vibration gebracht werden, um den Abfall der Feststoffe durch Schwerkraft zu unterstützen. Ein Staubgasfilter kann auch im laufenden Betrieb durch einen Druckstoß über einen Bypass gereinigt werden. Wenn der Staubgasfilter vertikal genau über dem Separator und der Taktschleuse angeordnet ist, können die gelösten Schwebstoffe in den Separator fallen und von dort aus wie die übrigen dort abgetrennten Feststoffe in den Sammelbehälter abgefördert werden.

Der Staubgasfilter kann zur Filtration der Schwebstoffe eine oder mehrere Filterkartuschen aufweisen. Die Filterkartuschen können mit einer Kühlvorrichtung verbunden sein, um im Dauerbetrieb den heißen Abgasen standhalten zu können und/oder um das Abgas weiter abzukühlen. Die Filterkartuschen können eine Reinigungsstufe mit Aktivkohle und/oder Zeolith enthalten, und/oder es ist eine eigene Reinigungsstufe vorhanden, in der mit Aktivkohle und/oder Zeolith kritische Inhaltsstoffe im Abgas wie beispielsweise Dioxine, Furane und/oder Quecksilber ausgefiltert werden.

Zur Ausfilterung von Quecksilberdämpfen kann auch oder ersatzweise eine herkömmliche Reinigungsstufe vorhanden sein, bei der das Abgas im Flugstromverfahren gereinigt wird. Dabei wird eine Zweiphasenströmung aus einem Gas und einem Feststoff oder einer Flüssigkeit als Adsorber genutzt, mit dem oder der das Quecksilber adsorbiert wird. Das Flugstromverfahren kann beispielsweise in einem dynamischen Adsorberbett angewandt werden. Eine Adsorption von Quecksilber funktioniert aber nur bei Temperaturen unter 100 °C. Alternativ zum Flugstromverfahren

können bei Temperaturen unter 100 °C auch Filterkartuschen mit Aktivkohle und/ oder Zeolith oder marktübliche Granulate zur Absorption verwendet werden,

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist stromabwärts des Separators eine Absorptionsanlage zur Filterung des Abgases an den Separator oder den Staubgasfilter angeschlossen. Einer Absorption von Quecksilberdämpfen ist insbesondere bei Abgastemperaturen > 140 °C sinnvoll, da Hg in solchen Temperaturbereichen nicht an Schwebeteilchen anhaftet. Die Absorptionsanlage kann eine oder mehrere Absorptionspatronen aufweisen, in denen Quecksilberdampf in Lösung oxydiert werden kann. Als Oxidationsmittel kann beispielsweise Kaliumpermanganat in schwefelsaurer Lösung, Kaliumdichromat in salpetersaurer Lösung oder Salpetersäure verwendet werden. Quecksilberdampf kann auch über Chelatbildner absorbiert werden, dazu können beispielsweise Dimercaptobernsteinsäure (DMSA) oder Dimercaptopropansulfonsäure (DMPS) eingesetzt werden. Diese Säuren können stabile wasserlösliche Komplexe mit dem Schwermetall bilden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen dem Separator, dem Staubgasfilter und/oder der Absorptionsanlage ein Wärmetauscher angeordnet. Der Wärmetauscher kann dazu genutzt werden, weitere Wärmeenergie in den Prozess zurückzuführen, er ist aber insbesondere auch nutzbar, um das Abgas für die nachfolgenden Filterprozesse abzukühlen. Um Feststoffe, die sich im Wärmetauscher an die Wände anlagern können, aus dem Wärmetauscher entfernen zu können, die Innenwände des Wärmetauschers gezielt in eine Vibration gebracht werden, um den Abfall der Feststoffe durch Schwerkraft zu unterstützen. Der Wärmetauscher kann in

einer solchen Lage vertikal über dem Separator angeordnet sein, dass sich lösende Feststoffe in den Separator fallen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung sind dem Separator zumindest zwei parallel geschaltete und wechselweise betreibbare Staubgasfilter zur Filterung des Abgases in Strömungsrichtung nachgeordnet, und der jeweils inaktive Staubgasfilter ist in einem Reinigungsmodus betreibbar. Es ist möglich, dass ein Staubgasfilter nicht in dem Zeitfenster zu reinigen ist, in dem ein Beladungswechsel der Verbrennungskammer erfolgt. In einem solchen Fall ist es vorteilhaft, wenn der zu reinigende Staubgasfilter außer Betrieb gesetzt werden kann, um ihn unabhängig von einem neu beginnenden Verbrennungsprozess gründlich reinigen zu können. Eine gründliche Reinigung kann beispielsweise erfolgen, wenn der jeweils zur Reinigung anstehende Staubgasfilter mit einem Gegenluftstrom beaufschlagt werden kann, um anhaftende Schwebstoffe zu lösen und zu sammeln. Eine Strömungsumkehr im Staubgasfilter bleibt dann auf den zu reinigenden Staubgasfilter beschränkt und es kann darauf verzichtet werden, einen Gegenluftstrom durch das Gesamtsystem strömen zu lassen. Die sich lösenden Feststoffe können in einem separaten, kleineren Separator aufgefangen und dem Sammelbehälter zugeführt werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungsanlage eine Kalkwasser-Reinigungsstufe auf, durch die die Abluft mit einer Zuführ- und einer Abführung hindurchgeführt wird, bevor die Abluft an die Umwelt abgegeben wird. Kalkwasser besteht aus einer Lösung von Kalziumhydroxid in Wasser. Wenn ein CO₂-haltiges Abgas durch das Kalkwasser hindurchgeleitet wird, reagiert das CO₂ mit

dem Kalziumhydroxid zu Kalziumkarbonat und Wasser. Wenn das gesamte in dem Abgas enthaltene CO₂ chemisch zu Kalziumkarbonat und Wasser umgesetzt wird, ist die Verbrennung CO₂-frei. Wenn als Brennstoff für den Betrieb der Heizeinrichtung ein fossiler Brennstoff verwendet wird, sind die bei der Verbrennung anfallenden CO₂-Mengen schon erheblich, und es wäre eine große Menge von Kalziumhydroxid erforderlich, um diese Menge voll chemisch umzusetzen. Wenn aber als Brennstoff beispielsweise Wasserstoff verwendet wird oder die Beheizung der Heizstrahlrohre durch elektrischen Strom erfolgt, entsteht CO₂ in der Verbrennungskammer nur aus dem Kohlenstoff des verbrannten Leichnams und eventuell des Sargs, wenn kein metallischer Wechselsarg bei der Verbrennung des Leichnams verwendet wird. Hier ist dann ein CO₂-freier Verbrennungsprozess schon bei einem Einsatz von nur noch ca. 24 kg Kalziumhydroxid bei einem Gewicht eines zu verbrennenden Leichnams von ca. 100 kg möglich. Es ist natürlich auch möglich, das Kalkwasserbad dafür zu nutzen, nur eine Reduktion und nicht eine völlige Eliminierung von CO₂ im an die Umwelt abgegebenen Abgas zu erreichen. Die Prozesswärme für die chemische Reaktion kann dem Abgasstrom über einen Wärmetauscher entnommen werden. Die Kalkwasser-Reinigungsstufe kann in einem Verbrennungsprozess optional zugeschaltet werden, beispielsweise, wenn die Angehörigen eine CO₂-freie oder CO₂-reduzierte Verbrennung des Leichnams wünschen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist der Abgasstrang an einer Stelle einen Abzweig auf, an dem eine mit der Verbrennungskammer verbundene Leitung zur Rückführung zumindest eines Teils des Abgases in die Verbrennungskammer ange-

geschlossen ist. Um eine günstigere Verbrennung mit insbesondere weniger Stickoxiden und einem geringeren Abluftvolumen zu generieren, kann Abluft der Verbrennungskammer in diese partiell zurückgeführt werden. Das kann zur Folge haben, dass ein vergleichsweise hoher Gasstrom in der Brennkammer zu einer besseren Durchmischung, mithin zu einem gesteigerten Oberflächenangebot für die Oxidationsreaktion führt, ohne das später zu reinigende Abluftvolumen zu erhöhen. Dabei kann auch eine Abgasrückführung unter herabgesetzter Temperatur zur Folge haben, dass Schadstoffe und Brennstoffverbrauch reduziert werden. Die vorgeschlagene Erfindung bietet dazu beide Lösungsmöglichkeiten. Einerseits kann eine Abgasrückführung unmittelbar am Austritt der Doppelwand aus der Verbrennungskammer oder der Nachbrennkammer erfolgen, das unter Inkaufnahme, dass auch Feststoffe in den Rückführungskreislauf gelangen. Andererseits kann eine Abgasrückführung auch am Austrittskanal des Separators vonstattengehen, das Abgas wurde dann im Wärmetauscher zwischen der Verbrennungskammer und dem Separator sowie im Separator heruntergekühlt. Für eine weiter herabgesetzte Rückführungstemperatur kann der Abgasstrom auch nach Durchlaufen eines Wärmetauschers oder der Energierückgewinnungsanlage am Ende des Abgasstrangs partiell in die Brennkammer zurückgeleitet werden. Das hätte auch zur Folge, dass das gleiche Abgas mehrfach durch die Filter/Reinigungseinheiten geleitet wird, was eine vollständigere Abgasaufbereitung zur Folge hat.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Verbrennungsanlage an der Strömungsstrecke des Abgases zwischen dem Separator und dem Ausblasende des Ab-

gasstrangs eine Schnittstelle zur Schadstoffmessung auf. Für die Verbrennungsanlage muss die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte für Schadstoffbelastungen der Umwelt nachgewiesen werden. Die Messung der Schadstoffwerte erfolgt nach erstmaliger Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Abständen durch Prüfunternehmen. Über die Schnittstelle können entsprechende Messsonden in den Abgasstrang eingeführt werden, um Proben zu nehmen oder die Schadstoffbelastung des im Abgasstrang bewegten Abgases zu messen. Die Schnittstelle kann beispielsweise als DN 40 ISO-KF Edelstahl-Flansch ausgeführt werden. Die eingesetzte Messapparatur kann mobil einsetzbar sein, um damit verschiedene Anlagen überprüfen zu können.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorstehend erläuterten Ausgestaltungen der Erfindung jeweils für sich, aber auch in einer beliebigen Kombination miteinander mit dem Gegenstand des Anspruchs 1 verknüpft werden können, soweit dem keine technisch zwingenden Hindernisse entgegenstehen. Weitere Abwandlungen und Details in der Ausgestaltung der Erfindung lassen sich der nachfolgenden gegenständlichen Beschreibung und den Zeichnungen entnehmen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung der Komponenten der Verbrennungsanlage,

- Fig. 2: eine schematische Darstellung der Hubvorrichtung zur Beschickung und späteren Entnahme eines Leichnams aus der Verbrennungskammer,
- Fig. 3a/3b: eine Wechselwanne mit einem darauf stehenden Wechselsarg in einer Kippvorrichtung,
- Fig. 4: eine Kippvorrichtung mit einem daran angeschlossenen Mahlwerk,
- Fig. 5: die Abwicklung einer Doppelwand als ein Beispiel für einen Luftführungskanal zur Zuführung von Zuluft,
- Fig. 6a/6b: die Abwicklung einer Doppelwand als ein Beispiel für einen Luftführungskanal zur Abführung von Abluft, und
- Fig. 7: eine Verbrennungskammer mit Doppelwänden aus einer Ansicht von oben mit Zuluftgebläse.

Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der Komponenten der Verbrennungsanlage 2. Ein zu verbrennender Leichnam, der sich im Sarg, der auch als ein Wechselsarg 4 ausgebildet sein kann, befinden kann oder auf dem Bodensegment 6 oder einer darauf aufgestellten Wechselwanne 8 liegt, wird in der Verbrennungskammer 10 verbrannt. Die Verbrennungskammer 10 wird von zumindest einem Heizstrahl-

rohr 12 beheizt. Im Ausführungsbeispiel befinden sich im Inneren der Verbrennungskammer 10 zwei Stränge von Heizstrahlrohren 12, die in einer Schlaufe im Innenraum der Verbrennungskammer 10 angeordnet und so verlegt sind, dass sie den Deckenbereich der Verbrennungskammer 10 gut überdecken. Beheizt werden die Heizstrahlrohre 12 von der Heizeinrichtung 14, die ein Heizmedium erwärmt, das von der Heizeinrichtung 14 erwärmt in die Heizstrahlrohre 12 gelangt. Im Ausführungsbeispiel verbrennt die Heizeinrichtung 14 ein Brenngas. Die Heizeinrichtung 14 ist außerhalb der Verbrennungskammer 10 angeordnet. Bei dem Heizmedium kann es sich insbesondere um das Gas aus der Brenngasflamme der Heizeinrichtung 14 handeln. Das Abgas aus der Verbrennung eines Brennmittels tritt, nachdem es von der Heizeinrichtung 14 erhitzt worden ist, in die in der Verbrennungskammer 10 frei verlegten Heizstrahlrohre 12 ein und verlässt diese wieder durch eine Verbindungsleitung 16, die in den Abgasstrang 18b der Heizeinrichtung 12 geführt ist. Wenn ein zirkulierendes Heizmedium verwendet ist, kann die Verbindungsleitung 16 das Heizmedium auch wieder in die Heizeinrichtung 14 zurück befördern, wo es dann wieder mit der Heizeinrichtung 14 aufgeheizt wird. Der Abgasstrang 18b umgeht die Verbrennungskammer 10 und ist davon abgetrennt. Da die Heizstrahlrohre 12 gasdicht ausgeführt sind, kann das in den Heizstrahlrohren befindliche Heizmedium nicht in die Verbrennungskammer 10 gelangen. Das Material der Heizstrahlrohre 12 ist auf eine Betriebstemperatur über 900 °C ausgelegt und die Heizstrahlrohre 12 sind aus einem hochtemperaturfesten Stahl und/oder einem keramischen Werkstoff gefertigt.

Die seitlichen Wände 20a der Verbrennungskammer 10 sind als Doppelwand 20 ausgeführt, bei der der Zwischenraum 22 zwischen der der Verbrennungskammer

10 zugewandten ersten Wand 20a und der der Verbrennungskammer 10 abgewandten zweiten Wand 20b als Luftführungskanal 24 zur Zuführung von Zuluft in die Verbrennungskammer 10 oder als Luftführungskanal 26 zur Abführung von Abluft aus der Verbrennungskammer 10 ausgestaltet ist. Die Doppelwände 20 verfügen dazu über entsprechende Öffnungen in den Wandflächen. Der Luftführungskanal 26 zur Abführung von Abluft bildet im Ausführungsbeispiel gleichzeitig die Nachbrennkammer 28.

An die Nachbrennkammer 28 schließt sich der Abgasstrang 18a zur Ableitung des Abgases aus der Verbrennungskammer 10 an. Eine in Strömungsrichtung des Abgases durch den Abgasstrang 18a gesehen erste Komponente des Abgasstrangs 18a ist ein Wärmetauscher 30, der an die Nachbrennkammer 28 angeschlossen ist. Im Wärmetauscher 30 wird Wärme aus dem Abluftstrom beziehungsweise Abgas aus der Verbrennungskammer 10 an ein Wärmedium abgegeben. Über das Wärmedium kann die im Wärmetauscher 30 vom Wärmedium aufgenommene Energie dem Verbrennungsprozess wieder zugeführt werden, was schematisch vereinfachend durch den Pfeil vom Wärmetauscher 30 zur Heizeinrichtung 14 dargestellt ist. Tatsächlich zirkuliert das Wärmedium zwischen dem Wärmetauscher 30 und einer Energierückgewinnungsanlage 32 in Gestalt einer Dampfturbine 34, an die ein elektrischer Stromgenerator 36 als Stromerzeuger angeschlossen ist. Das Wärmedium wird aus der Dampfturbine 34 wieder in einer zeichnerisch nicht näher dargestellten Ringleitung zum Wärmetauscher 30 zurückgeführt.

Im Wärmetauscher 30 kühlt sich das Abgas ab, so dass es stromabwärts des Abgasstrangs 18a weiter in einer Abluft-Aufbereitevorrichtung 36 aufbereitet werden kann. Im Ausführungsbeispiel weist die Abluft-Aufbereitevorrichtung 36 mehrere in Strömungsrichtung des Abgases im Abgasstrang 18a aufeinanderfolgende Komponenten auf.

Eine erste Komponente zur Aufbereitung des Abgases ist ein Separator 40 zur Abscheidung von Feststoffen aus dem Abgas, die stromabwärts der Nachbrennkammer 28 und des Wärmetauschers 30 an den Abgasstrang 18a angeschlossen ist. Im Ausführungsbeispiel ist der Separator 40 als ein Zyklon ausgebildet. Am unteren Auslass des Separators 40 ist eine Taktschleuse 42 mit einem Zellenrad angeordnet, mit der die im Separator 40 während der Verbrennung eines Leichnams abgeschiedenen Feststoffe dosiert und separiert von den Feststoffen aus der Verbrennung von anderen Leichen in den Sammelbehälter 44 abgefördert werden. Bei dem Sammelbehälter kann es sich um eine Urne 46 handeln, oder eine Urne 46 ist in den Sammelbehälter 44 eingestellt. Um Staubverluste bei der Übergabe von Feststoffen in die Urne 46 zu vermeiden, kann ein Filtertuchadapter 48 vorgesehen sein, mit dem die Urne 46 an den Separator 40 staubdicht angeschlossen wird.

Eine zweite Komponente zur Aufbereitung des Abgases ist ein Staubgasfilter 50, der stromabwärts des Separators 40 zur Filterung des Abgases an den Separator 40 angeschlossen ist. Im Staubgasfilter 50 können Schwebstoffe aus dem Abgas abgefiltert werden. Im Ausführungsbeispiel sind dem Separator 40 zwei parallel geschaltete

und wechselweise betreibbare Staubgasfilter 50 zur Filterung des Abgases nachgeordnet. Der jeweils inaktive Staubgasfilter ist in einem Reinigungsmodus betreibbar, während der aktive Staubgasfilter 50 in einem Verbrennungsprozess mit neuen Schwebstoffen besetzt wird.

Die stromabwärts des Separators 40 an den Separator 40 oder den Staubgasfilter 50 angeschlossene Absorptionsanlage zur weiteren Filterung des Abgases ist im Ausführungsbeispiel in die Filterkartusche des Staubgasfilters eingebaut. Zeichnerisch nicht näher dargestellt ist eine Kalkwasser-Reinigungsstufe, die die Verbrennungsanlage 2 aufweisen und die ebenfalls einen Bestandteil des Abgasstrangs 18a bilden kann. Das Abgas aus der Verbrennungskammer 10 kann durch die Kalkwasser-Reinigungsstufe mit einer Zuführ- und einer Abführleitung hindurchgeführt werden, bevor die Abluft an die Umwelt abgegeben wird. In Fig. 1 gezeigt ist allerdings ein Wärmetauscher 52, der dem Separator 40, dem Staubgasfilter 50 und/oder einer Absorptionsanlage nachgeordnet ist, in dem das Abgas aus der Verbrennungskammer 10 weiter abgekühlt wird.

Die im Wärmetauscher 52 dem Abgas entnommene Energie wird ebenfalls in den Verbrennungsprozess zurückgeführt, was durch den entsprechenden Symbolpfeil zur Heizeinrichtung 14 angedeutet ist. Auch hier kann im Wärmetauscher ein Wärmedium mit Wärme beaufschlagt werden, das an die Dampfturbine 34 abgeleitet wird, um dort elektrische Energie zu erzeugen.

Schließlich verfügt die Verbrennungsanlage 2 im Abgasstrang 18a zwischen dem Separator 40 und dem Ausblasende des Abgasstrangs 18a über eine Schnittstelle 54 zur Schadstoffmessung.

Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Hubvorrichtung 80 zur Beschiebung und späteren Entnahme eines Leichnams aus der Verbrennungskammer 10. Während sich in Fig. 1 das Bodensegment 6 mit einem darauf befindlichen Wechselsarg 4 in der die Verbrennungskammer 10 nach unten hin schließenden Schließstellung befindet, ist das Bodensegment 6 in Fig. 2 in der nach unten abgesenkten Offenstellung gezeigt. In der Offenstellung des Bodensegments 6 ist die Verbrennungskammer 10 nach unten hin geöffnet.

Das Bodensegment 6 kann an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung 80 thermische Isolierungen aufweisen, die zeichnerisch nicht näher dargestellt sind. Das Bodensegment 6 kann an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung 80 und/oder angrenzenden Bauteilen der Verbrennungsanlage 2 eine Wasserkühlung 120 aufweisen. Die Wasserkühlung 120 erfolgt im Ausführungsbeispiel über Rohrleitungen, die um die Bodenöffnung in der Verbrennungskammer 10 und um das Bodensegment 6 herum verlegt sind. Von der Wasserkühlung 120 sind auch die Kühlschläuche 122 gezeigt, die die Wasserkühlung 120 mit einem zeichnerisch nicht näher dargestellten Kühler verbinden. Die Wechselwanne 8 kann aus einem hochtemperaturfesten Stahl und/oder einem keramischen Werkstoff gefertigt sein, um den hohen thermischen Belastungen in der

Verbrennungskammer 10 während eines Verbrennungsprozesses standhalten zu können. An einer Wechselwanne 8 können Tragelemente 124 ausgebildet sein, über die die Wechselwanne 8 beweglich ist.

Um eine Wechselwanne 8 hin und her und auf und ab, je nach Ausführung aber auch das Bodensegment 6 auf und ab bewegen zu können, ist die Hubvorrichtung 80 vorhanden. Die Hubvorrichtung 80 ist auf einem Fahrgestell 82 angeordnet, das auf einem Fahrweg 84, wie beispielsweise einer Schienenanlage, hin und her beweglich ist. Das Fahrgestell 82 und der Fahrweg 84 bilden eine Förderanlage 86. In der linken Position in Fig. 2 befindet sich das Fahrgestell 82 noch in der Aufgabestation 88. In der Aufgabestation 88 kann ein Sarg oder ein Wechselsarg 4 auf die Wechselwannen 8 gestellt werden, die von der Hubvorrichtung 80 gehalten sind. Die Hubvorrichtung 80 hebt oder senkt die Wechselwanne 8 in eine Höhe, in der diese auf dem Bodensegment 6 abgesetzt werden kann.

Dazu bewegt sich das Fahrgestell 82 auf dem Fahrweg 84 aus der Aufgabestation 88 zur Wechselstation 90, die in der Abbildung der Fig. 2 im mittleren Bereich unter der Verbrennungskammer 10 gezeigt ist. In der Darstellung in Fig. 2 befindet sich in der Wechselstation 90 bereits ein Wechselsarg 4 mit einer Wechselwanne 8 auf dem Bodensegment 6. Wenn die Wechselwanne 6 leer ist und sich das Bodensegment 6 in der Offenstellung befindet, kann eine für einen neuen Verbrennungsprozess vorbereitete Wechselwanne 8 auf dem Bodensegment 6 abgesetzt werden. Das Bodensegment 6 befindet sich dabei immer in der Wechselstation 90, es ist be-

vorzugt nur in vertikaler Richtung zwischen der Offen- und Schließstellung beweglich, wie durch den Doppelpfeil in Fig. 2 erkennbar. Nachdem die Wechselwanne 8 auf dem Bodensegment 6 abgesetzt worden ist, kann das Bodensegment 6 mit der Hubvorrichtung 80 oder einem davon separaten Hubantrieb in die Schließstellung verfahren werden. Zum Start eines neuen Verbrennungsprozesses wird das Bodensegment 6 aus der Offenstellung in die Schließstellung bewegt, so dass sich die Wechselwanne 8 mit dem aufstehenden Sarg in der Schließstellung des Bodensegments 6 in der Verbrennungskammer 10 befindet. Ist der Verbrennungsprozess abgeschlossen, wird das Bodensegment aus der Schließstellung wieder in die Offenstellung verfahren, damit die Wechselwanne 8 mit den Verbrennungsresten, die in der Wechselwanne 8 oder dem Wechselsarg 4 liegen, vom Bodensegment 6 abgenommen werden können. Wenn die Verbrennungskammer 10 mit einem Holz-sarg beschickt worden ist, wird dieser bei einem Verbrennungsprozess vollständig bis auf eventuelle geringfügige Aschereste verbrannt.

Der rechte Teil der Abbildung in Fig. 2 zeigt die Abgabestation 92. In der Abgabestation 92 können die Wechselwanne 8 und der Wechselsarg 4 entleert werden. Die dort gezeigte Wechselwanne 8 mit einem aufstehenden Wechselsarg 4 ist zuvor vom Bodensegment 6 abgehoben und seitlich dorthin verfahren worden. Die in der Abgabestation 92 befindliche Wechselwanne 8 kann mit der Förderanlage 86 dorthin bewegt worden sein, wobei dafür im gezeigten Ausführungsbeispiel aber eine zweite Förderanlage 86 mit einem zweiten Fahrgestell 82 und einem Fahrweg 84 gezeigt ist. Das Ausführungsbeispiel zeigt keine Förderanlage 86, die als Förderschleppwagen mit zumindest zwei Aufstellpositionen für Wechselwannen 8 ausgebildet ist.

An der Förderanlage 86 oder an einer anderen Stelle der Verbrennungsanlage 2 kann eine Kippvorrichtung 100 zum Kippen einer Wechselwanne 8 ausgebildet sein. Die Kippvorrichtung 100 kann die Wechselwanne 8 um eine horizontale Achse kippen, wie in Fig. 3a und Fig. 3b gezeigt ist. In Fig. 3a befindet sich die Wechselwanne 8 noch in einer horizontalen Lage, während sie in Fig. 3b in einer gekippten Stellung gezeigt ist. In der gekippten Stellung befindet sich der Boden der Wechselwanne 8 und/oder des Wechselsargs 4 in eine Schiefelage. Die stückigen Reste sowie Asche aus dem Verbrennungsprozess, die sich noch im Wechselsarg 4 und/oder auf der Wechselwanne 8 befinden, können über eine Feststoff-Ausschüttöffnung 102, die sich in der Wechselwanne 8, dem Wechselsarg 4 und/ oder einem Deckel befinden, verlustfrei in ein Mahlwerk 104 abgekippt werden. Vom Mahlwerk 104 aus können das Mahlgut und die Asche in eine darunter befindliche Urne 46 fallen.

In Fig. 4 ist eine Kippvorrichtung 100 gezeigt, bei der über ein Zuführmittel 106 Feststoffe, die im Separator 40 abgeschieden wurden, dem Mahlwerk 104 zugeführt werden können. Bei dem Zuführmittel kann es sich um eine Rohrleitung handeln, die die Taktschleuse 42 mit dem Mahlwerk 42 verbindet. Die aus der Taktschleuse 42 ausgeforderten Feststoffe können aber auch direkt in die Urne 46 abgefördert werden, die später vom Mahlwerk 104 mit den Überresten eines verbrannten Leichnams aus dem Wechselsarg 4 und/oder der Wechselwanne 8 beschickt wird. Dazu müsste die Urne 46 allerdings umgestellt werden.

In Fig. 5 ist die Abwicklung einer aufgeschnittenen Doppelwand 20 als ein Beispiel für einen Luftführungskanal 24 zur Zuführung von Zuluft in die Verbrennungskammer 10 gezeigt, in der die von der Zuluft in der Doppelwand 20 zurückzulegende Strecke durch eine mehrfache Umlenkung der Strömung durch ein oder mehrere in der Doppelwand 20 angeordnete Umlenkungselemente 140 verlängert ist. Die Zuluft tritt über die Öffnung 142 in dem Zwischenraum 22 in der Zwischenwand 20 ein, strömt entlang den Pfeilen durch das Labyrinth, das durch die Umlenkungselemente 140 vorgegeben ist, und verlässt den Zwischenraum 22 durch die Ausströmöffnung 144, die in der Brennkammer 10 mündet. Während der Durchströmung der Zuluft durch den Luftführungskanal 24 wird diese von der heißen ersten Wand 20a aufgeheizt.

Die Fig. 6a zeigt eine Abwicklung einer aufgeschnittenen Doppelwand 20 als ein Beispiel für einen Luftführungskanal 26 zur Abführung von Abluft aus der Verbrennungskammer 10. Mit einem entsprechend gestalteten und platzierten Umlenkungselement 140 ergibt sich ein langer Strömungsweg für das heiße Abgas durch die Nachbrennkammer 28, der einen guten Nachbrenneffekt schafft, aber ein gewisses Risiko der Ablagerung von Feststoffen in sich birgt. Diesbezüglich besser ist die Ausbildung des in Fig. 6b gezeigten Umlenkungselements 140, bei dem sich kürzere Strömungswege, aber auch eine kürzere Verweilzeit des Abgases in der Nachbrennkammer 28 ergeben.

In Fig. 7 ist eine Verbrennungskammer 10 mit Doppelwänden 20 aus einer Ansicht von oben mit einem Zuluftgebläse 160 gezeigt. Das Zuluftgebläse 160 ist als ein Seitenkanalverdichter ausgebildet, das die Zuluft in die Verbrennungskammer 10 und

durch den dadurch erzeugten überdruck Abgase aus der Verbrennungskammer 10 in die Nachbrennkammer 28 und in den Abgasstrang 18a drückt. Um das zu ermöglichen, ist die Verbrennungskammer 10 mit Ausnahme der Abluftöffnung in die Nachbrennkammer 28 gasdicht ausgeführt.

Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Dem Fachmann bereitet es keine Schwierigkeiten, das Ausführungsbeispiel auf eine ihm als geeignet erscheinende Weise abzuwandeln, um es an einen konkreten Anwendungsfall anzupassen.

Bezugsziffernliste

2	Verbrennungsanlage
4	Wechselsarg
6	Bodensegment
8	Wechselwanne
10	Verbrennungskammer
12	Heizstrahlrohr
14	Heizeinrichtung
16	Verbindungsleitung
18	Abgasstrang
20	Doppelwand
22	Zwischenraum
24	Luftführungskanal zur Zuführung von Zuluft
26	Luftführungskanal zur Zuführung von Zuluft
28	Nachbrennkammer
30	Wärmetauscher
32	Energierückgewinnungsanlage
34	Dampfturbine
36	Stromgenerator
38	Abluft-Aufbereitevorrichtung
40	Separator
42	Taktschleuse

44	Sammelbehälter
46	Urne
48	Filtertuchadapter
50	Staubgasfilter
52	Wärmetauscher
54	Schnittstelle
80	Hubvorrichtung
82	Fahrgestell
84	Fahrweg
86	Förderanlage
88	Aufgabestation
90	Wechselstation
92	Abgabestation
100	Kippvorrichtung
102	Feststoff-Ausschüttöffnung
104	Mahlwerk
106	Zuführmittel
120	Wasserkühlung
122	Kühlschlauch
124	Tragelement
140	Umlenkungselement
142	Öffnung
144	Ausströmöffnung
160	Zuluftgebläse

**Zoz GmbH
Maltoz-Strasse**

57482 Wenden

**Albert Hesse Familienstiftung
Platinweg 29**

57482 Wenden

922055/W

Patentansprüche

1. Verbrennungsanlage (2) mit einer Beschickungsvorrichtung, einer Verbrennungskammer (10), einer Heizeinrichtung (14) zur Erhitzung der Verbrennungskammer (10), einer Frischluftzuführungsvorrichtung, einem Abgasstrang (18a) zur Ableitung des Abgases aus der Verbrennungskammer (10), einer Nachbrennkammer (28) und einer Abluft-Aufbereitungsvorrichtung (38), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizeinrichtung (14) mit einem gasdichten Heizstrahlrohr (12) wirkverbunden ist, das von der Heizeinrichtung (14) beheizt wird und das im Innenraum der Verbrennungskammer (10) angeordnet ist.
2. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (14) außerhalb der Verbrennungskammer (10) angeordnet ist.
3. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (14) auf die Verbrennung eines gasförmigen oder flüssigen Brennstoffs ausgelegt und an die Heizeinrichtung (14) ein Abgasstrang (18b) angeschlossen ist, der das bei der Verbrennung des Brennstoffs anfallende Abgas unter Umgehung der Verbrennungskammer (10) in die Umwelt ausleitet.

4. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizstrahlrohr (12) auf eine Betriebstemperatur über 900 °C ausgelegt ist und das Heizstrahlrohr (12) aus einem hochtemperaturfesten Stahl, einem keramischen Werkstoff und/oder einem Verbundwerkstoff gefertigt ist.

5. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Wände der Verbrennungskammer (10) als Doppelwand (20) ausgeführt ist, bei der der Zwischenraum (22) zwischen der der Verbrennungskammer (10) zugewandten ersten Wand (20a) und der der Verbrennungskammer (10) abgewandten zweiten Wand (20b) als Luftführungskanal (24) zur Zuführung von Zuluft in die Verbrennungskammer (10) oder als Luftführungskanal (26) zur Abführung von Abluft aus der Verbrennungskammer (10) ausgestaltet ist.

6. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Zuluft und/oder der Abluft in der Doppelwand (20) zurückzulegende Strecke durch eine mehrfache Umlenkung der Strömung durch ein oder mehrere in der Doppelwand (20) angeordnete Umlenkungselemente (140) verlängert ist.

7. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum (22) zumindest einer Doppelwand (20) zur Aufheizung der Zuluft und der Zwischenraum (22) zumindest einer

Doppelwand (20) für eine Nachbrennkammer (28) für die Abluft genutzt ist, wobei das Doppelwandvolumen für die Aufheizung der Zuluft größer als das für die Nachbrennkammer (28) ist.

8. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bodensegment (6) der Verbrennungskammer (10) mittels einer Hubvorrichtung (80) zwischen einer die Verbrennungskammer (10) nach unten hin schließenden Schließstellung und einer darunter befindlichen Offenstellung, in der die Verbrennungskammer (10) nach unten hin geöffnet ist, in vertikaler Richtung hin und her beweglich ist.

9. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bodensegment (6) an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung (80) thermische Isolierungen aufweist.

10. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Bodensegment (6) an seinen umfangseitigen Rändern und/oder an seiner Unterseite und/oder an einer Schnittstelle zur Hubvorrichtung (80) und/oder angrenzende Bauteile der Verbrennungsanlage (2) eine Wasserkühlung (120) aufweist.

11. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Bodensegment (6) mit einem Unterbrecherschalter verbunden ist, der die Heizeinrichtung (14), ein Zuluftgebläse (160) und/

oder ein Abluftgebläse abschaltet oder herunterregelt, wenn sich das Bodensegment (6) außerhalb seiner Schließstellung befindet.

12. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das auf das Bodensegment (6) eine Wechselwanne (8) aufgelegt ist, an der Tragelemente (124) ausgebildet sind, über die die Wechselwanne (8) beweglich ist.

13. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselwanne (8) aus einem hochtemperaturfesten Stahl, einem keramischen Werkstoff und/oder einem Verbundwerkstoff gefertigt ist.

14. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass unter der Verbrennungskammer (10) eine Förderanlage (86) mit einer Aufgabestation (88), einer Wechselstation (90) und einer Abgabestation (92) angeordnet ist, mit der die Wechselwannen (8) dem Bodensegment (6) zuführbar und/oder vom Bodensegment (6) abführbar sind.

15. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Förderanlage (86) als Förderschlitten mit zumindest zwei Aufstellpositionen für Wechselwannen (8) ausgebildet ist.

16. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselwanne (8) und/oder ein Wechselsarg (4) und/ oder ein Deckel mit einer Feststoff-Ausschüttöffnung (102) versehen sind.

17. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsanlage (2) eine Kippvorrichtung (100) zum Kippen einer Wechselwanne (8) und/oder eines Wechselsargs (4) aufweist.

18. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsanlage (2) eine der Kippvorrichtung (100) vor- oder nachgelagerte und einem Mahlwerk (104) vorgeordnete Sichtungsstation zur Kontrolle der sterblichen Überreste eines Leichnams aufweist, wobei die Sichtungsstation mit einem Metallseparator versehen ist.

19. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungskammer (10) ein Zuluftgebläse (160) und/oder ein dem Abgasstrang (18a) zugeordnetes Abluftgebläse aufweist, wobei das Zuluftgebläse (160) und/oder das Abluftgebläse an eine elektronische Steuerungs- und Regelungseinrichtung zur Prozessführung des Kremierungsprozesses angeschlossen sind, wobei die Steuerungs- und Regelungseinrichtung ein Softwareprogramm aufweist, mit dem die Förderleistungen des Zuluftgebläses (160) und/oder des Abluftgebläses regelbar sind.

20. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuluftgebläse (160) und/oder das Abluftgebläse vom Softwareprogramm auf Leistungswerte einregelbar sind, bei denen sich ein Atmosphärendruck oder ein Überdruck in der Verbrennungskammer (10) einstellt.

21. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsanlage (2) nur ein Zuluftgebläse (160) aufweist, das die Abgase aus der Verbrennungskammer (10) in die Nachbrennkammer (28) und in den Abgasstrang (18a) drückt, und die Verbrennungskammer (10) mit Ausnahme der Abluftöffnung in die Nachbrennkammer (28) gasdicht ausgeführt ist.

22. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an die Nachbrennkammer (28) ein Wärmetauscher (30) angeschlossen ist, in dem Wärme aus dem Abluftstrom an ein Wärmemedium abgegeben wird, das zwischen dem Wärmetauscher (30) und einer Energierückgewinnungsanlage (32) in einer Ringleitung zirkuliert.

23. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmemedium eine phasenwechselnde Flüssigkeit und die Energierückgewinnungsanlage (32) eine mit der phasenwechselnden Flüssigkeit angetriebene Dampfturbine (34) ist, der Dampfturbine (34) ein von dieser angetriebener Stromgenerator (36) nachgeordnet ist und der Stromgenerator (36) die Rotationenergie der Dampfturbine (34) in elektrischen Strom umwandelt.

24. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts der Nachbrennkammer (28) ein Separator (40) zur Abscheidung von Feststoffen aus dem Abgas angeschlossen ist.
25. Verbrennungsanlage (2) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass an den Separator (40) ein über eine Taktschleuse (42) beschickbarer Sammelbehälter (44) angeschlossen ist.
26. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Separators (40) ein Staubgasfilter (50) zur Filterung des Abgases an den Separator (40) angeschlossen ist.
27. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Separators (40) eine Absorptionsanlage zur Filterung des Abgases an den Separator (40) oder den Staubgasfilter (50) angeschlossen ist.
28. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Separator (40), dem Staubgasfilter (50) und/oder der Absorptionsanlage ein Wärmetauscher (52) angeordnet ist.

29. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass dem Separator (40) zumindest zwei parallel geschaltete und wechselweise betreibbare Staubgasfilter (50) zur Filterung des Abgases in Strömungsrichtung nachgeordnet sind und der jeweils inaktive Staubgasfilter (50) in einem Reinigungsmodus betreibbar ist.

30. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsanlage (2) eine Kalkwasser-Reinigungsstufe aufweist, durch die die Abluft mit einer Zuführ- und einer Abführleitung hindurchgeführt wird, bevor die Abluft an die Umwelt abgegeben wird.

31. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasstrang (18a) an einer Stelle einen Abzweig aufweist, an dem eine mit der Verbrennungskammer (10) verbundene Leitung zur Rückführung zumindest eines Teils des Abgases in die Verbrennungskammer (10) angeschlossen ist.

32. Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsanlage (2) an der Strömungsstrecke des Abgases zwischen dem Separator (40) und dem Ausblasende des Abgasstrangs (18a) eine Schnittstelle (54) zur Schadstoffmessung aufweist.

33. Verfahren zur Verbrennung eines Leichnams in einer Verbrennungsanlage (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Verbrennungsverfahren in der Verbrennungsanlage (2) zumindest ein Heizstrahlrohr (12) verwendet wird, um die Temperatur in der Verbrennungskammer (10) auf einen Wert von zumindest 650 °C aufzuheizen.

34. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung in einer Verbrennungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 32 erfolgt.

**Zoz GmbH
Maltoz-Strasse**

57482 Wenden

**Albert Hesse Familienstiftung
Platinweg 29**

57482 Wenden

922055/W

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verbrennungsanlage (2) mit einer Beschickungsvorrichtung, einer Verbrennungskammer (10), einer Heizeinrichtung (14) zur Erhitzung der Verbrennungskammer (10), einer Frischluftzuführungsvorrichtung, einem Abgasstrang (18a) zur Ableitung des Abgases aus der Verbrennungskammer (10), einer Nachbrennkammer (28) und einer Abluft-Aufbereitungsvorrichtung (38).

Um eine Verbrennungsanlage zu schaffen, mit dem mit einem geringeren Energieaufwand und einer verminderten Menge an zu filterndem Abgas ein beschleunigter Ablauf des Kremierungsprozesses möglich ist, wird vorgeschlagen, dass die Heizeinrichtung (14) mit einem gasdichten Heizstrahlrohr (12) wirkverbunden ist, das von der Heizeinrichtung (14) beheizt wird und das im Innenraum der Verbrennungskammer (10) angeordnet ist.

(Fig. 1)

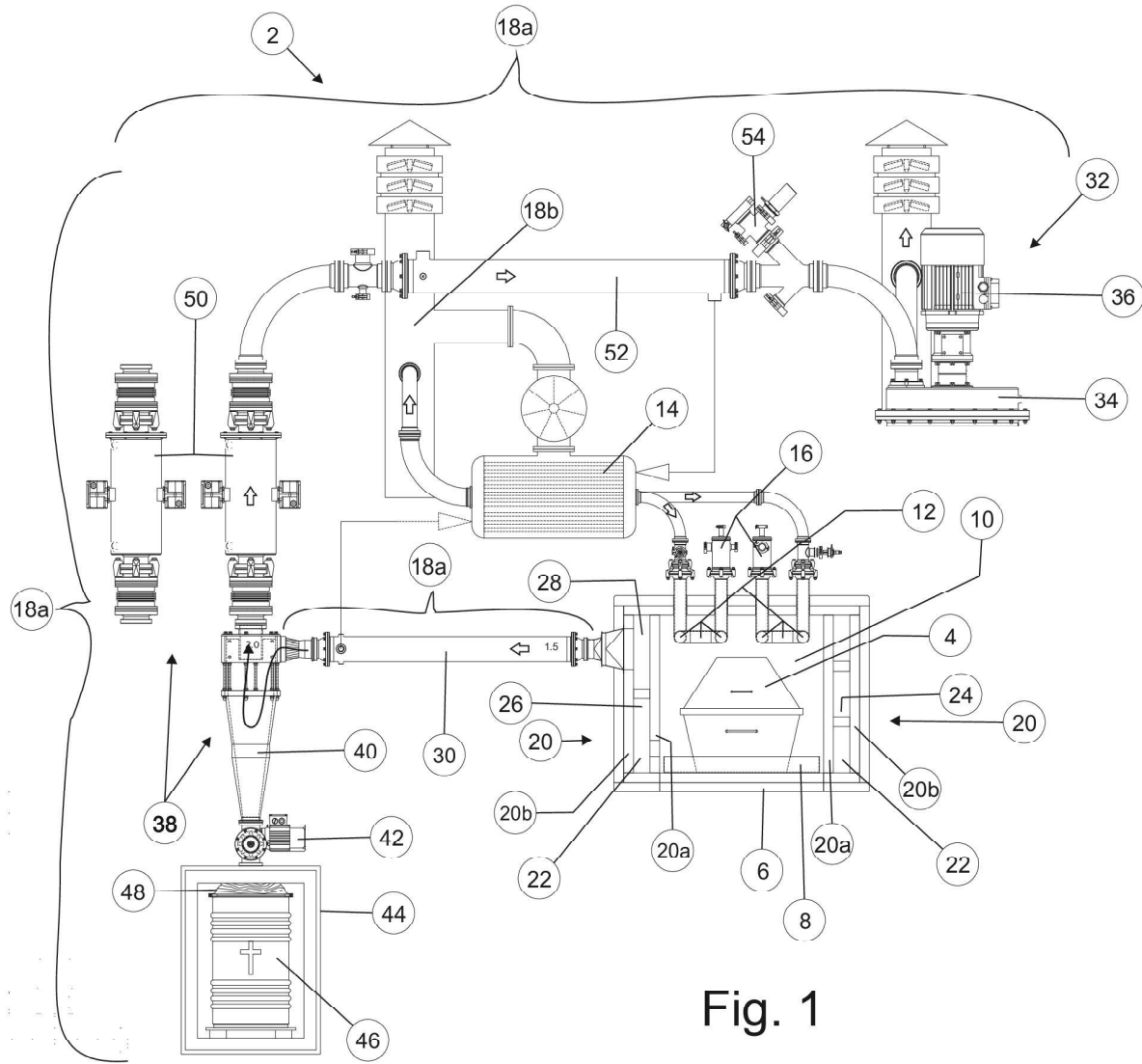
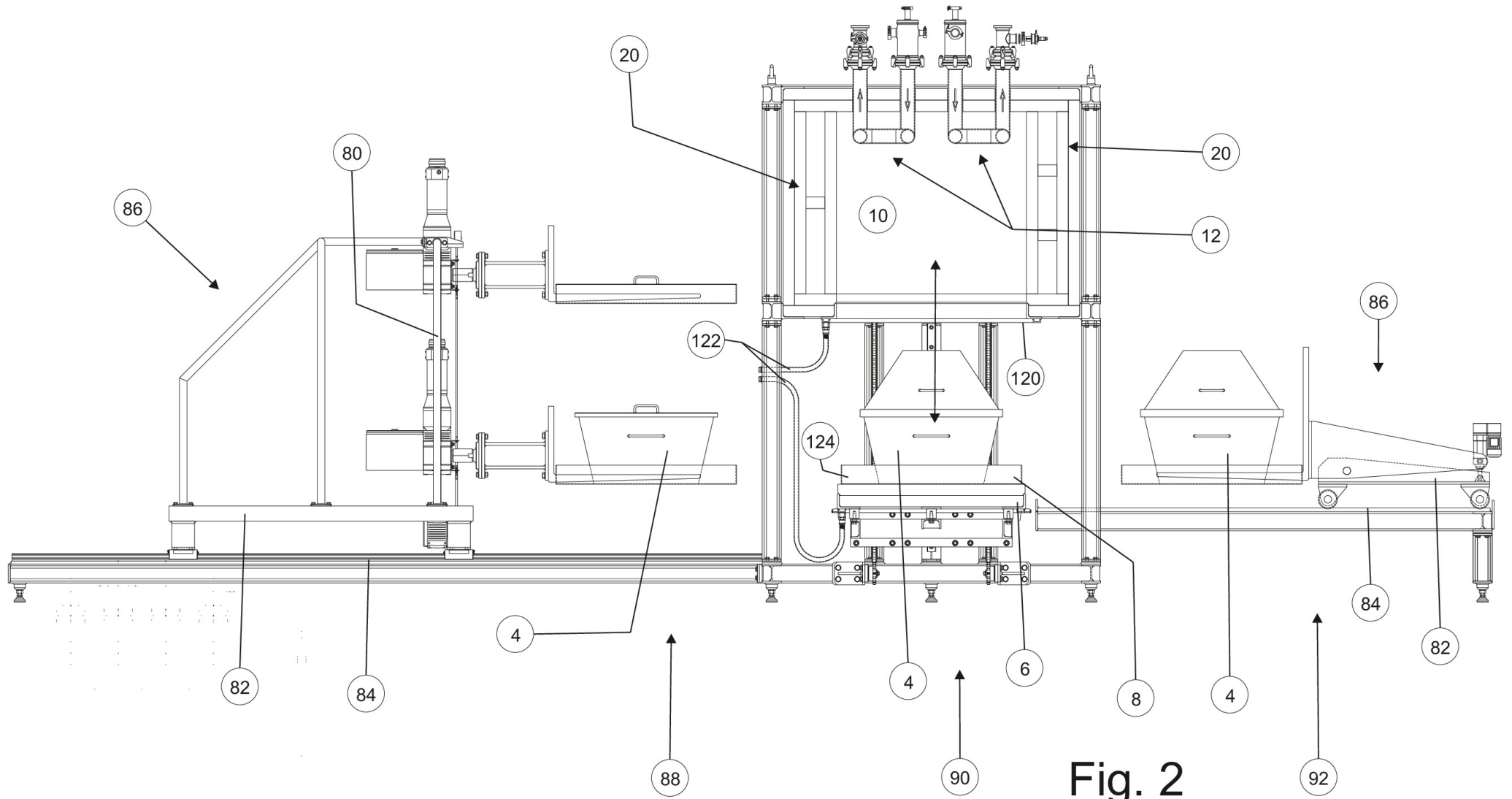
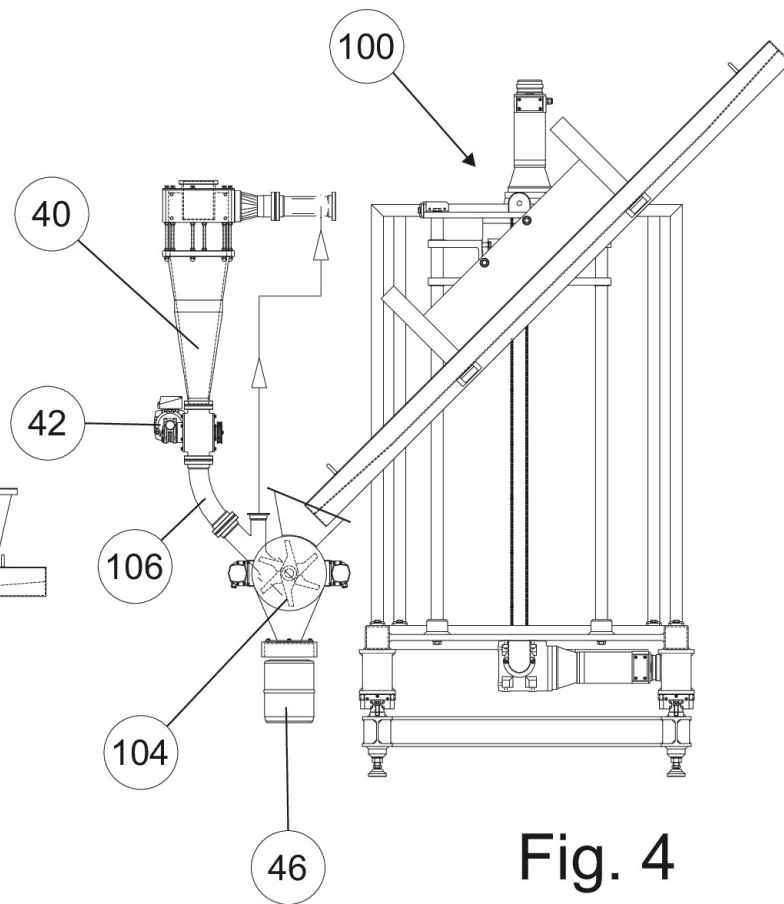
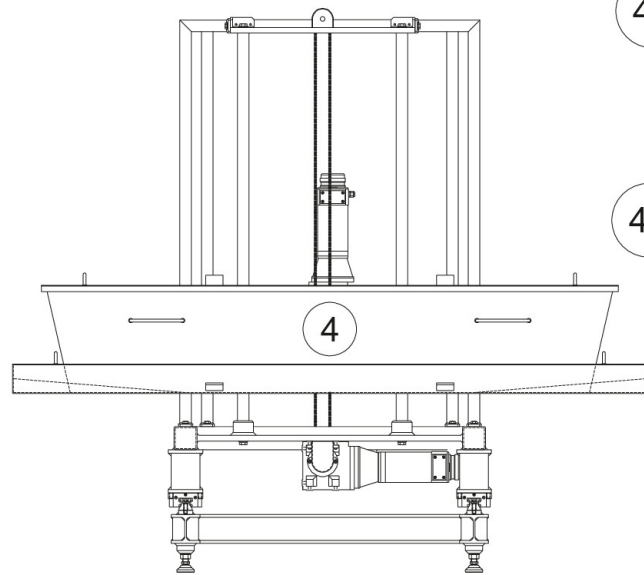
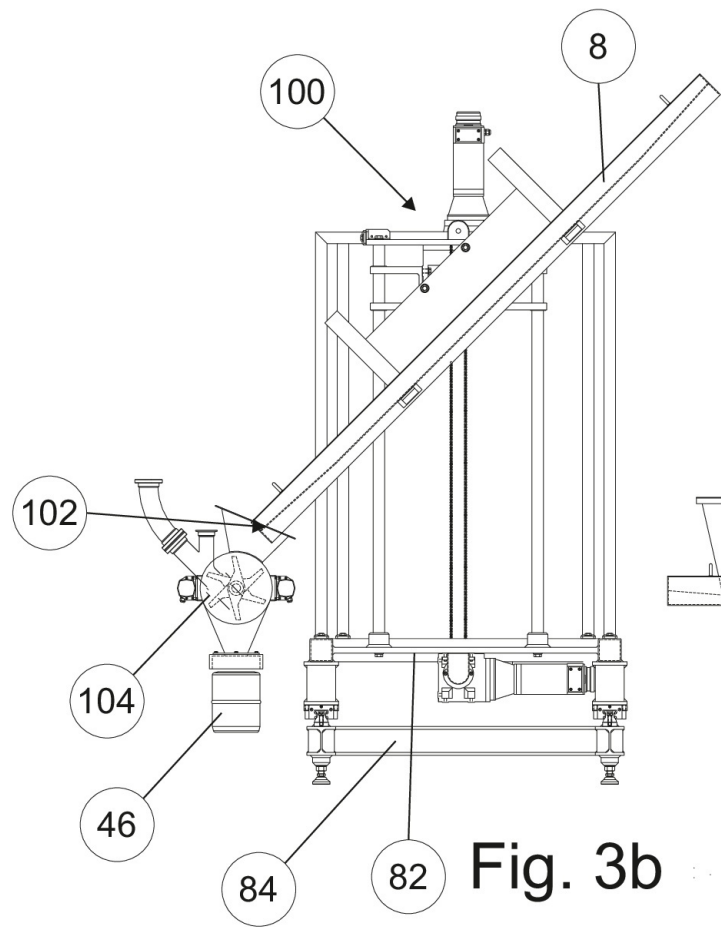


Fig. 1





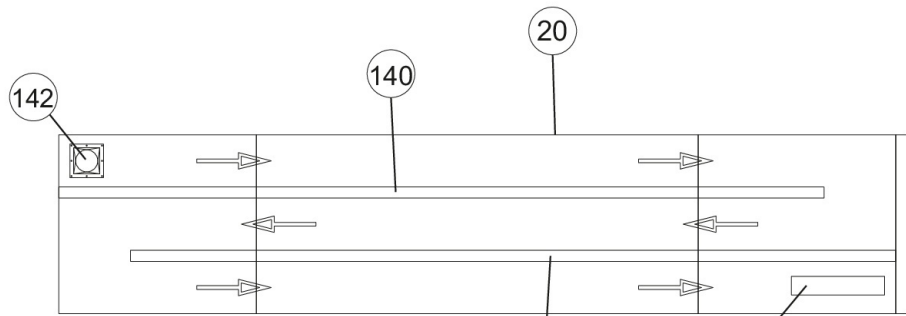


Fig. 5

140

144

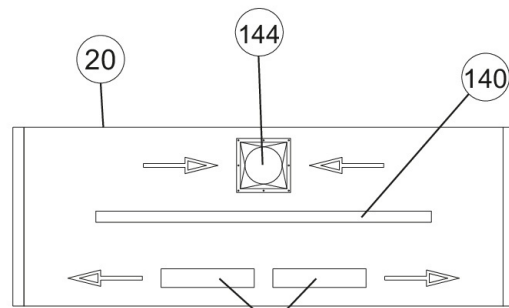


Fig 6.a

20

144

140

142

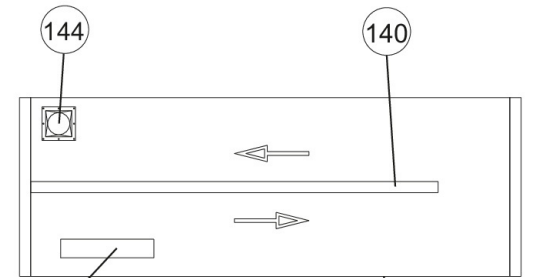


Fig. 6b

144

20

140

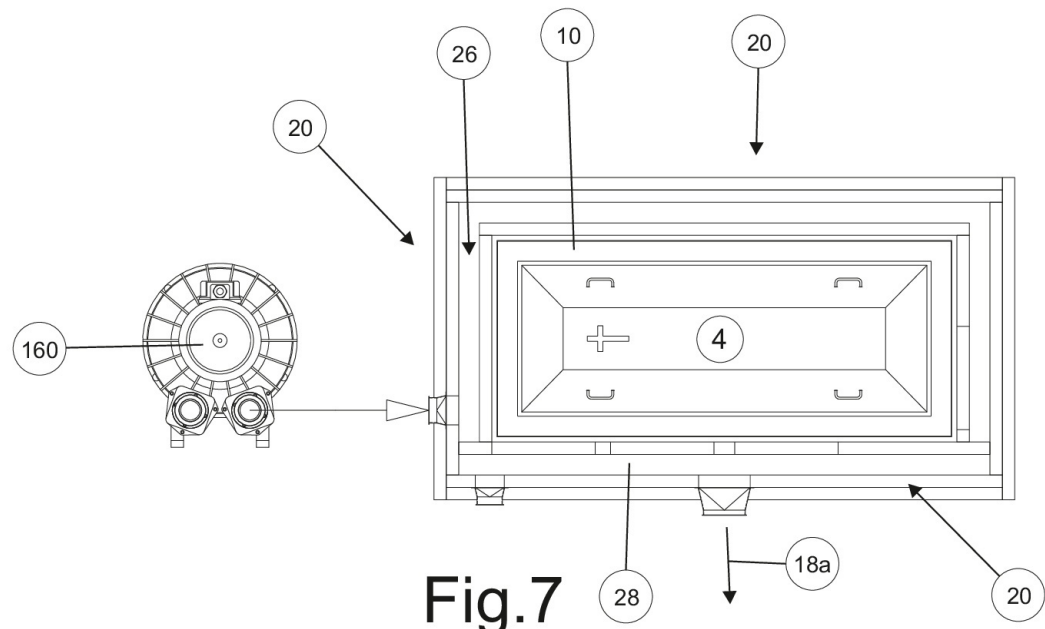


Fig.7