



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
29.09.93 Patentblatt 93/39

⑤① Int. Cl.⁵ : **C10B 53/00**

②① Anmeldenummer : **91102603.7**

②② Anmeldetag : **22.02.91**

⑤④ **Verfahren zum Transportieren, Zwischenlagern und energetischen sowie stofflichen Verwerten von Entsorgungsgut aller Art und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

③① Priorität : **23.02.90 DE 4005804**
12.04.90 DE 4011945
16.07.90 DE 4022535
19.10.90 DE 4033314
17.12.90 DE 4040377

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
28.08.91 Patentblatt 91/35

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
29.09.93 Patentblatt 93/39

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH ES FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
WO-A-81/03629
DE-A- 3 207 203
GB-A- 1 452 037
US-A- 3 812 620

⑦③ Patentinhaber : **THERMOSELECT**
AKTIENGESELLSCHAFT
Lettstrasse 37
FL-9490 Vaduz (LI)

⑦② Erfinder : **Kiss, Günter H.**
Le Florestan, SCI du 62 Bd. d'Italie
MC-98004 Monaco (MC)

⑦④ Vertreter : **Meinig, Karl-Heinz, Dipl.-Phys. et al**
Patentanwälte Pfenning, Meinig, Butenschön,
Bergmann, Nöth Mozartstrasse 17
D-80336 München (DE)

EP 0 443 596 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Verwerten von Entsorgungsgut aller Art sowie auf Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Die bisher praktizierten oder erprobten Müllentsorgungsmethoden sind unzureichend und wenig überzeugend hinsichtlich der sich ergebenden Umweltprobleme. Das gilt sowohl für die Zwischenlagerung als auch für den Transport von und zu den Entsorgungsanlagen und in besonderem Maße für die Aufbereitung des Entsorgungsgutes. Unter dem Begriff Entsorgungsgut werden üblicher Haus- und Industriemüll, Industriegüterwracks, aber auch Sondermüll oder bereits abgelagertes Deponiegut verstanden.

Die klassische Entsorgungsform von Haus- und Industrieabfällen aller Art ist auch heute noch das abschüttende Deponieren in meist großräumigen Deponieanlagen bei teilweise sehr langen Transportwegen.

Eine bekannte Alternativlösung zur Deponieschüttung sind Müllverbrennungsanlagen. Das Verbrennen von Abfällen bringt jedoch viele andere Nachteile mit sich. Die Verbrennung erfolgt bisher bei sehr schlechtem Wirkungsgrad mit einem hohen Schadstoffanfall. Erhebliche Investitions- und Betriebskosten sind für die einschlägigen Verbrennungsanlagen erforderlich.

Mit der gleichfalls bekannten Entgasung von organischen Abfällen wurde versucht, die Müllverbrennung wenigstens für einen Teil des anfallenden Entsorgungsgutes zu vermeiden, um wirtschaftlich vertretbare Kleinanlagen betreiben zu können.

Es sind verschiedene Pyrolyseverfahren bekannt, die sich bezüglich der hierfür verwendeten Öfen unterscheiden. Zum Einsatz kommen:

1. Schächtofen, in die das Pyrolysegut von oben lose eingebracht wird und den Ofenschacht in vertikaler Richtung durchläuft,
2. Drehrohröfen, bei denen durch Rotation des Rohrschachtes das schüttfähige Pyrolysegut durchmischt und mit den heißen Rohrwänden ständig erneut in Kontakt gebracht wird, und
3. Wirbelschichtöfen, bei denen ein in ständig verwirbelter Bewegung befindliches Sandbett o.dgl. für einen innigen Wärmeübergang in das Pyrolysegut Sorge tragen soll.

Neben diesen drei wesentlichen Ofenarten ist in der WO 81/03629 eine Verfahrensweise beschrieben, bei der feuchte Abfälle einer Pyrolyse unterzogen und dabei vor Durchlaufen dieser Stufe durch Zusammenpressen entwässert werden. Hierbei wird der wesentliche Anteil an Flüssigkeit auch organischer Bestandteile entfernt.

Der zu Blöcken verpreßte Abfall wird in einem Ofen von außen erwärmt und pyrolysiert, um ein Anbacken oder eine Erschwerung des Vorschubes zu

vermeiden wird ein sich erweiternder Kammerquerschnitt des Ofens verwendet, der eine Rundumberhüllung der Blöcke mit der Wandung verhindert. Das pyrolysierte Gut wird anschließend in einem nachgeordneten Schacht verbrannt und die dabei entstehenden heißen Abgase werden für die Erwärmung der Blöcke in der Pyrolysestufe genutzt.

Weitere Entgasungsreaktoren sind beispielsweise aus der AT-PS 116 725 und der AT-PS 363 577 bekannt. Sie zeigen eine Vielzahl von noch nicht befriedigend gelösten Problemen. So müssen zur Verbesserung des Wärmeübergangs die zu pyrolysierenden Abfälle vorzerkleinert werden, was hohe Kosten, Lärmbelästigung und Staubanfall verursacht. Es ist weiter erforderlich, daß mit den organischen Bestandteilen zum Pyrolysieren Atmosphärenluft in großen Durchsatzmengen, gegebenenfalls mit zusätzlichem Sauerstoff, eingebracht werden muß, was einen nur geringen Wirkungsgrad bedingt. Die Aufheizung der Abfälle verläuft relativ langsam. Die Pyrolyseöfen mit wirtschaftlich vertretbarem Durchsatz haben ein großes Volumen und befinden sich bei den erforderlichen Temperaturen von über 450°C an der Grenze der mechanischen Belastbarkeit. Sie sind nur für den Betrieb bei etwa Atmosphärendruck geeignet. Um den Austritt von gasförmigen Schadstoffen zu verhindern, muß von den Entgasungsreaktoren absolute Gasdichtheit gefordert werden, was aufwendige temperaturbelastete Schleusenkonstruktionen und Dichtungen erforderlich macht.

Besonders problematisch war bisher auch die Weiterverarbeitung des im wesentlichen staubförmig anfallenden Pyrolysekokes, da dessen Vergasung wegen seiner nicht vorhandenen Durchströmungseigenschaften nicht oder nur nach verfahrenstechnisch aufwendiger Brikettierung des Kohlenstaubes möglich ist. Eine thermische Nutzung der durch Kondensat belasteten Gase der Niedertemperaturpyrolyse setzt eine Entstaubung bei entsprechend hohen Temperaturen voraus, da sowohl der Drehrohröfen als auch die Wirbelschichtpyrolyse stark stauberzeugend sind. Die Belastung der Pyrolysegase mit thermisch stabilen organischen Verbindungen, wie Dioxinen, erfordert eine Hochtemperaturverbrennung mit definierten Gasverweilzeiten im Reaktor. Die Nutzung der hoch mit Schadstoffen belasteten Kondensate als Rohstoff für die Petro-Chemie ist nur in Ausnahmefällen möglich. In anderen Fällen ist insbesondere auch das Pyrolysekondensat ein erhebliches Umweltproblem. Die Feststoffrückstände der bekannten Pyrolyseverfahren sind nach den bestehenden Umweltbestimmungen schadstoffhaltiges Deponiematerial. Ob der Kohlenstoffanteil dieser Rückstände hinreichend schadstoffbindende Eigenschaften besitzt, ist zumindest hinsichtlich einer Langzeitresistenz gegen Eluierung ungeklärt, so daß Pyrolysekoks aus der Abfallpyrolyse als Sondermüll mit entsprechenden Deponierungsrisiken und -ko-

sten zu betrachten ist.

Bei der umweltschonenden Aufbereitung von Industriegüterwracks, bei denen das Schrottgemisch aus Eisenteilen sowie Teilen aus NE-Metallen und nichtmetallischen organischen und anorganischen Komponenten unterschiedlichster chemischer sowie physikalischer Zusammensetzung besteht, ist insbesondere die Automobilindustrie im Verbund mit der Kunststoffindustrie und der Schrottindustrie aufgefordert, neue Wege im Hinblick auf eine recyclinggerechte Gestaltung von Kraftfahrzeugen sowie die Entwicklung von Recyclingverfahren und Technologien für die heute noch nicht verwertbaren Werkstoffe zu erforschen. Erheblich gestiegene Deponiekosten und verschärfte Bedingungen für die Entsorgung industrieller Abfallgüter in deponiefähiger Form zwingen, den nicht recyclingfähigen Anteil bei der Aufbereitung von Konsumwracks so gering wie nur irgend möglich zu halten.

Das Betreiben großer Schrottpressen auf dem hier interessierenden Anwendungsfeld ist seit geraumer Zeit durch die sogenannte Shredder-Technik ersetzt worden. Ausgediente, für die Verschrottung geeignete Verbrauchs- und Industriegüter mit hohem Metallanteil werden einer rein maschinellen Materialtrennung unterworfen. Die aufzubereitenden Wracks werden in Teilen oder in ihrer Ganzheit in die Zerkleinerungsanlage gegeben, in der ein kleinstückiges Gemisch aus der Vielzahl der Komponenten des Ausgangsmaterials erzeugt wird, das nachfolgend vorzugsweise mittels physikalischer Methoden getrennt wird.

Bei einem bekannten Verfahren (EP 0 012091) wird zerkleinerter Abfall einer Wärmebehandlung in einem geschlossenen Raum unterworfen, indem unter Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Verbrennungsgases eine teilweise Verbrennung einiger Bestandteile erfolgt, während andere Bestandteile einer Pyrolysereaktion unterworfen sind. Erst in einer zweiten Verbrennungsstufe wird durch Zugabe reinen Sauerstoffs und damit Erhöhung der Temperatur auf 1.300 bis 1.600 °C die Verbrennung abgeschlossen.

In diesem Zusammenhang soll noch auf eine Vorrichtung zum selektiven Abtrennen nichtferromagnetischer Metalle aus einem Gemenge zerkleinerter metallischen Schrotts, wie er in Shredder-Anlagen anfällt, hingewiesen werden (DE-AS 28 55 239), bei der über unterschiedliche Wärmebäder mit unterschiedlichen, entsprechend den Schmelzpunkten der NE-Metalle, wie Blei, Zink und Aluminium, mehrere zugeordnete Austrageeinrichtungen vorgesehen sind.

Nach der Entfernung zunächst der unterschiedlichen NE-Bestandteile erfolgt anschließend diejenige der ferromagnetischen Bestandteile durch Aussortieren auf magnetischem Wege. Die großen Schwierigkeiten bei der Rückgewinnung von Altmetallen, die aus Gemengen bestehen, mit beispielsweise Kupfer-

, Zink- und Bleianteilen, im Hinblick auf eine ausreichende Schaffung der erforderlichen Reinheitsgrade und damit einer wirtschaftlichen Wiedernutzung sind in dieser Druckschrift besonders deutlich angesprochen.

Ein Verfahren zum pyrolytischen Abbau von Industrie- und Haushaltsmüll oder dergleichen Abfallstoffen, bei dem die Abfallstoffe in einem Reaktionsgefäß durch direkten Kontakt mit einem schmelzflüssigen Wärmeträger zersetzt werden, ist aus der DE-AS 23 04 369 bekannt. Die zweckmäßig vorgewärmten Abfallstoffe werden hierfür kontinuierlich in den schmelzflüssigen Wärmeträger eingetaucht und die dabei entstehenden Zersetzungsprodukte durch Umwälzen der Schmelze zu deren Oberfläche gefördert und von dort abgeführt. Der Wärmeträger ist eine geschmolzene anorganische Substanz und kann insofern aus einem oder mehreren Metallen bestehen, alternativ aber auch aus einer glasähnlichen Schmelze, die durch Wärmezufuhr schmelzflüssig gehalten wird.

Mit dieser Verfahrensweise soll es ermöglicht werden, große Mengen von heterogen zusammengefaßten Abfallstoffen ohne eine aufwendige Vorklassierung in kontinuierlichem Arbeitsfluß pyrolytisch unter Luftabschluß abzubauen und in unschädliche oder nützliche Produkte umzuformen.

Das direkte Inkontaktbringen solcher lediglich vorgetrockneter Abfallmischungen mit einem schmelzflüssigen Wärmeträger, in den das Zuführungsrohr für die Abfallstoffe eintaucht, ist in der Praxis nicht möglich, da die verbleibende Abfallrestfeuchte zu einer explosionsartigen Gasbildung am Austrittsende des Zuführungsrohrs führen muß. Darüber hinaus würde sich der in die Schmelze eintauchende Rohrstutzen relativ schnell verbrauchen.

Die Durchführung der Pyrolyse innerhalb des schmelzflüssigen Bades bewirkt, daß sich die Pyrolyseprodukte letztlich auf der Oberfläche der Schmelze ansammeln und daß sie in ihrer Gesamtheit von hier entfernt werden müssen. Es kann bei dieser Verfahrensweise nicht ausgeschlossen werden, daß noch hochgiftige Schadstoffanteile aus der Badflüssigkeit austreten. Die Nachschaltung elektrostatischer Filter sowie von Auswaschanlagen und Kühlfallen zur Beseitigung der noch vorhandenen Schadstoffe bleibt daher auch bei dem Verfahren nach der DE-AS 23 04 369 zwingend.

Schließlich soll noch ein Verfahren zur weitgehend wasserfreien Überführung von Abfallstoffen in Glasform Erwähnung finden (DE-OS 38 41 889), bei dem Müllverbrennungsgas zusammen mit Zuschlagstoffen in eine Glasschmelze eingebracht wird, die entstehenden Abgase abgekühlt und deren Kondensate in die Glasschmelze rückgeführt werden. Die von Dioxinen und/oder Furanen freien Abgase können nach einer Gasreinigung umweltfreundlich abgegeben werden, was gleichermaßen für die im Glas-

bad mineralisierten Feststoffe, also die Verbrennungsasche, gilt.

Das wesentliche Problem bei jeder Abgasreinigungsanlage ist in dem Verbleib der Reststoffe zu suchen. Diese liegen als Reaktionsprodukte in Form von trockenen Kristallisaten, gelösten Salzen und/oder in hohem Maße schadstoffbeladenen Stäuben vor. Die Entsorgung dieser Reststoffe, die in erheblicher Menge anfallen, ist problematisch und erfordert stetig wachsenden Sonderdeponieraum.

Das Lagern und Transportieren von nicht aufbereiteten Entsorgungsgütern, wie Industrie- und Hausmüll, erfolgt bei verhältnismäßig geringer Schüttdichte, wobei sich deren physikalische und chemische Instabilität, sowie bei biologisch zersetzbarem Müll die Geruchs- und Gasentwicklung, besonders nachteilig auswirken. Erschwerend ist, daß viele Entsorgungsgüter schadstoffhaltige Flüssigkeiten enthalten, die sie wenigstens teilweise beim Transportieren oder der Lagerung verlieren. Niederschlagbedingte Auswaschungen sind bei unsachgemäßer Lagerung kaum zu vermeiden. Die geringe Schüttdichte des Entsorgungsgutes führt zu großen Lager- und Transportvolumina. Ist eine Zwischenlagerung des Entsorgungsgutes angestrebt - beispielsweise weil das Entsorgungsgut für Recycling und/oder thermische Verwertung aufbereitet werden soll -, so werden durch staatliche Verordnungen auswaschungssichere Deponieeinrichtungen erheblichen Bauvolumens oder besonders ausgestattete unterirdische Lagerstätten vorgeschrieben. Allein daraus resultieren hohe zusätzliche Investitionskosten. Auch der Transport solcher Entsorgungsgüter verursacht nicht zuletzt wegen deren geringer Schüttdichte erhebliche Kosten.

Bei chemisch instabilem Entsorgungsgut kann neben starker Geruchsbildung giftige oder gefährliche Gasbildung auftreten, so daß besonders für Lagerbunker ohne zusätzliche Gasentsorgung Explosionsgefahr besteht. Permanente Entlüftung, mehrfacher Luftwechsel pro Stunde sowie zusätzliche Filter- und Sicherheitsanlagen bilden Kostenfaktoren auch bei der Zwischenlagerung des Entsorgungsgutes.

Für den Transport mancher Entsorgungsgüter, beispielsweise Hausmüll, ist es bekannt, mit in das Fahrzeug integrierten Pressen schwach vorkompriert zu transportieren. Eine anschließende thermische Verwertung des Entsorgungsgutes wird durch dessen geringes Schüttgewicht und die daraus resultierenden großen Volumina technisch erschwert.

Von der Gesamtheit dieses Stands der Technik ausgehend, liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, für Industrie- und Hausmüll, Industriegüterwracks bzw. Entsorgungsgut aller Art verbesserte energetische und stoffliche Verwendung bei wesentlich verbessertem Wirkungsgrad der Verfahrensdurchführung mittels vereinfachter Vorrichtungsalagen zu erreichen und umweltschonend eine voll ständige Entsorgung zu gewährleisten.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen dieser Aufgabenlösung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Dadurch, daß das Entsorgungsgut zunächst unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur, also ohne die Anwendung kostenintensiver Sortierverfahren und -anlagen oder des bekannten Stands der Technik zu Paketen näherungsweise gleicher Geometrie vorkompaktiert wird, kann das Entsorgungsgut ohne Schwierigkeiten mit einer Stopfvorrichtung o.dgl. in einen beispielsweise etwa rohrförmigen Behälter hineinverdichtet werden, was sowohl seinen nachfolgenden Transport, eine gegebenenfalls erforderliche Zwischenlagerung als auch das Pyrolyseverfahren unkompliziert und störunanfällig gestaltet. Die Vorkompaktierung in eine geeignete geometrische Form, die erfindungsgemäß einem geeigneten Behältnis angepaßt ist, verhindert, daß beim nachfolgenden Nachverdichten sperrige Bestandteile des Entsorgungsgutes den Nachverdichtungsvorgang behindern. Im verdichteten Zustand weist das Entsorgungsgut nur noch ca. 1/3 bis ca. 1/20 seines ursprünglichen Volumens auf, was ein entsprechend reduziertes Lager- und Transportvolumen ergibt, unabhängig von einer nachgeschalteten thermischen Entgasung bzw. Pyrolyse des Entsorgungsgutes.

Zwar kann bei schüttfähigem Material der erste Schritt der Verdichtung des Entsorgungsgutes mittels einer offenen Verpackung, wie einer Netzmüllhülle oder Spannbandverpackung, erfolgen, seine Einbringung in ein stirnseitig offenes Behältnis bringt jedoch den Vorteil, daß es sich hier zusätzlich in dichtem Einschluß befindet, so daß beispielsweise die Geruchsbildung auf ein Minimum reduziert ist und Auswaschungen, etwa bei der Zwischenlagerung in Naßräumen, nicht zu befürchten sind. Hierfür können ohne merklichen Kostenaufwand auch die offenen Stirnseiten der Behältnisse wasserdicht verschlossen werden. Für die sich gegebenenfalls an den Transport und/oder die Zwischenlagerung anschließende thermische und stoffliche Aufbereitung des verdichtet und verschlossen verpackten Entsorgungsgutes ergeben sich eine ganze Folge von Vorteilen. So lassen sich beispielsweise dicht gefüllte Behältnisse in einem Kammer- oder Durchlaufofen problemlos der Entgasung unterziehen. Die Verweildauer in derartigen Pyrolysekammern ist nach Kriterien der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens optimierbar. Einschränkende Längen/Durchmesserbedingungen bei geeigneten Behältnissen, die den Pyrolyseofen durchlaufen, bestehen nicht. Da auch Behälter größeren Durchmessers einsetzbar sind, lassen sich auf diese Weise größere und sperrige Industriegüterwracks gleichermaßen entsorgen. Gegebenenfalls

sind letztere zuvor großvolumig zu portionieren.

Vorteilhafte Bedingungen für die thermische Verwertung der pyrolysierten Entsorgungsgüter bestehen dadurch, daß alle Entgasungsprodukte direkt und ohne Zwischenabkühlung einer Hochtemperaturbehandlung unterzogen werden können. Der entstehende verdichtete Koks, zusammen mit den mineralischen oder metallischen Komponenten, läßt sich leicht ausbringen und der Hochtemperaturbehandlung zuführen. Bei der Vergasung des Restkohlenstoffs entsteht durch Spaltung eines Teils des mitgeführten Wasserdampfs Spaltgas (CO , H_2). Die Entgasungsprodukte werden in niedermolekulare Bestandteile gespalten. Die Reaktionstemperatur wird durch exotherme Reaktion des in verdichteter Form vorliegenden Kokses mit Sauerstoff aufrechterhalten. Das so freigesetzte Kohlendioxid setzt sich nach dem Boudouardschen Gleichgewicht mit Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid um. Im Hochtemperaturreaktor wird eine optimale Umsetzung und Nutzung aller Produkte sichergestellt.

Die mit der Kohlenstoffvergasung und Spaltgasbildung verbundenen hohen Temperaturen führen zu einem direkt nutzbaren energiereichen Prozeßgas, ohne daß kondensierbare organische Bestandteile bei stark verringertem Wasseranteil anfallen. Durch den bei der Druckpyrolyse gebildeten dichten Koks und die prozeßbedingten geringen Strömungsgeschwindigkeiten werden anfallende Staubanteile im Prozeßgas auf ein Minimum reduziert.

Die schmelzfähigen metallischen und mineralischen Bestandteile der Reaktionsprodukte bilden bei der Hochtemperaturbehandlung in einem Einschmelzvergaser eine Metall- bzw. Schlackenschmelze mit teilweise sehr unterschiedlichen Dichten, so daß Stoffkomponenten einfach voneinander getrennt und einer effizienten Verwertung zugeführt werden können.

Die Kohlenstoffvergasung und Spaltgasbildung, gekoppelt mit einem Ausschmelzen verwertbarer Wertstoffe, lassen sich in vorteilhafter Weise auch in einem Schachtofen an sich bekannter Bauart durchführen, wobei dem den verdichteten Prozeßkoks enthaltenden Schacht in bekannter Weise Sauerstoff zugeführt wird. Dabei lassen sich in den festen Pyrolyserückständen Temperaturen von mehr als 1.500°C problemlos erzeugen, bei denen sowohl Stähle und andere Metalle als auch Gläser ausschmelzen. Das Ausbringen dieser Wertstoffe kann im fraktionierten Abstich oder im Überlauf erfolgen. Die Anwendung von Sauerstoff statt Luft ist von erheblichem Vorteil zur Erzielung hoher Temperaturen, geringer Gasgeschwindigkeiten und -volumina sowie zur Vermeidung der Bildung von Stickstoff-Sauerstoffverbindungen.

Das Entweichen der durch thermische Spaltung gebildeten flüchtigen Verbindungen aus den dicht gefüllten Behältnissen wird begünstigt, wenn stirnseitig

offene und perforierte Metallrohre o.dgl. verwendet werden. Bei entsprechender Dimensionierung ergeben sich bezüglich des Gasaustrittes, der Fertigungskosten und der anwendbaren Entgasungstemperaturen optimale Bedingungen.

Das Entsorgungsgut kann für den Transport und die Zwischenlagerung auch in thermisch zersetzbare, aus mechanisch festem Material bestehende Behältnisse vorverdichtet eingebracht und später in die thermisch stabilen Entgasungsrohre, die der Pyrolyse unterworfen werden, nachverdichtet eingebracht werden.

In einem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden in einem Durchlaufofen eine Vielzahl von Behältnissen, beispielsweise Rohrkartuschen mit zusätzlichen, ihre äußere Oberfläche vergrößernden Radialringen, im Umlauf geführt. Auf diese Weise läßt sich die Kapazität einer Anlage maximieren.

Die Verdichtung von Hausmüll o.dgl. kann entscheidend verbessert werden, wenn während der Vorkompaktierung das Entsorgungsgut mit einem sterilisierenden Heißgas, vorzugsweise Heißdampf, beaufschlagt wird. Hierdurch erhöhen sich die Möglichkeit seiner Plastifizierung und die chemische Stabilität des Entsorgungsgutes sowie die Lagerbeständigkeit ohne Geruchsbelästigung und Gasbildung.

Wegen der gewünschten hohen Wärmeleitfähigkeit zu dem und innerhalb des Entsorgungsgutes für die Pyrolyse, aber auch aus Gründen des Lager-, Transport- und optimalen Entsorgungsvolumens für die Entgasung ist es zweckmäßig, die Behälter so zu füllen, daß die Füllichte bei Hausmüll näherungsweise 1 kg/dm^3 beträgt. Als Stopfvorrichtung für das verdichtende Füllen der Behältnisse kann ein periodisch arbeitender Hammer verwendet werden, der mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch angetrieben wird.

Werden die verdichtend gefüllten Behältnisse längere Zeit zwischengelagert, ehe sie einer thermischen Verwertung zugeführt werden, so ist es vorteilhaft, wenn die Stirnflächen des mit nachverdichtetem Entsorgungsgut gefüllten rohrförmigen Behälters mit thermisch zersetzbaren Folien oder Beschichtungen abgedeckt werden. Auf diese Weise sind zum einen direkte Schadstoffabgaben an die Umwelt ausgeschlossen, zum anderen werden auch Geruchsbelästigungen vermieden. Die thermisch zersetzbare Abdeckung kann bei der nachgeschalteten Pyrolyse thermisch genutzt werden. Neben Kunststoff-Folien eignen sich hierfür beispielsweise bituminöse Anstriche, die kostengünstig und einfach aufgebracht werden können. Ansonsten verhalten sich die Behältnisse bei Anwendung der erfindungsgemäßen Druckpyrolyse praktisch selbstreinigend. Ihre Verwendung optimiert nicht nur die Bedingungen für die Pyrolyse selbst, sondern reduziert bei ihrer Verwendung als Transportbehälter das Transportvolumen um ca. 80 %. Der im Ergebnis der Pyrolyse anfallende

verdichtete Pyrolysekoks besitzt ausgezeichnete Durchströmungseigenschaften, so daß er für eine nachfolgende Kohlevergasung besonders geeignet ist.

Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren wird erstmalig bei der Müllpyrolyse ein Teil der natürlichen Feuchte des Mülls durch die beschriebene Kohlenwassergasreaktion zu brennbarem Gas umgewandelt.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Pyrolyseverfahrens wird das Pyrolysegut unter Verdichtung in eine Pyrolysekammer eingebracht, die aus einem einzigen Pyrolyserohr oder einem kanalartigen Pyrolyseofen besteht und unter Beibehaltung des verdichteten Zustandes über den Kammerquerschnitt durch das erhitzte Rohr bzw. den Kanal hindurchgedrückt, wobei die Wärmezufuhr zum Pyrolysegut durch die mit diesem in Druckkontakt stehenden Wandungen erfolgt und wobei die sich bildenden gasförmigen Pyrolyseprodukte bei erhöhtem Druck abgeführt werden.

Die Zwangsförderung des verdichteten Pyrolysegutes gewährleistet einen ständigen Druckkontakt zwischen dem Pyrolysegut und der beheizten Kammerwandung, so daß die Wärmeübertragung von den Kammerwänden auf das Pyrolysegut optimiert wird.

Zusätzlich wird der Volumenverlust in der Pyrolysekammer durch Entgasung (Pyrolysegas/Wasserdampf) und/oder Austrag fester Bestandteile durch Nachfüllen und Nachverdichten mit Pyrolysegut ausgeglichen.

Der höhere Druck in der Pyrolysekammer garantiert eine bessere Zwangsdurchströmung des Pyrolysegutes und des Pyrolysekokes durch die gasförmigen Pyrolysebestandteile, was zu einer besseren Erwärmung und zusätzlich zu einer kürzeren Entgasungszeit führt, so daß eine hohe Leistung der Anlage gewährleistet ist.

Verdichtung, Zwangsförderung und Nachverdichtung des Pyrolysegutes erfolgen in einer vorteilhaften Verfahrensweiterbildung intermittierend.

Die Einbringung des Pyrolysegutes und die Ausbringung der festen Reststoffe können in einfacher Weise dadurch erfolgen, daß die rohrförmig oder kanalartig ausgebildete Pyrolysekammer an ihrer Ein- und Austrittsseite gegebenenfalls regelbare Querschnittsverengungen aufweist, so daß sich auch an der Austrittsseite Pfropfen bilden. Durch die fortlaufende Zuführung und Verdichtung von Pyrolysegut wird der selbstdichtende Pfropfen ständig erneuert.

Bei der Verwendung einer derartigen erfindungsgemäßen langgestreckten Pyrolysekammer, in die das Entsorgungsgut unter Beibehaltung eines verdichteten Zustandes eingebracht wird, wobei sie im Durchlauf arbeitet, ergibt sich eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit für und in das kompaktierte Entsorgungsgut wegen des gegebenen luftporenfreien Druckkon-

taktes mit der Wandung der Kammer. Als vorteilhaftes Längen/Durchmesserverhältnis hat sich die Verwendung von Pyrolysekammern, deren Länge zum Durchmesser größer als 10:1 ist, herausgestellt.

Eine schubweise, d.h. intermittierend erfolgende Zwangsförderung des Pyrolysegutes bzw. des nachverdichteten festen Reststoffes hat darüber hinaus den Vorteil, daß im Zusammenwirken mit dem Druckkontakt des Pyrolysegutes zu den Kammerwänden Verkrustungen und Anbackungen von Pyrolyserückständen an den Kammerwänden durch ständige Reibung des nachrückenden Pyrolysegutes entfernt werden. Die Pyrolysekammer ist bei derartiger Ausführung selbstreinigend. Sie enthält auch keinerlei bewegliche Bauelemente, die bei längerfristigem Betrieb zu Störungen führen und vor allem bezüglich der Abdichtung und Schmierung Schwierigkeiten bereiten können.

Die festen Pyrolyserückstände werden vorteilhaft im heißem Zustand (ca. 400 °C) in einen Schmelzzyklon (Nachverbrennungskammer) ausgebracht und dort unter Sauerstoffzufuhr verbrannt bzw. zu Schlacke aufgeschmolzen.

Der gesamte Energieinhalt des heißen Pyrolysekokes kann so direkt genutzt werden.

Bei Einsatz reinen Sauerstoffs oder wenigstens sauerstoffangereicherter Luft muß der hohe Stickstoffanteil der Luft nicht miterwärmt werden, so daß sich das Abgasvolumen erheblich reduziert und die Abgasreinigung technisch gut zu kontrollieren und kostengünstiger zu gestalten ist.

Der bei der Niedertemperaturpyrolyse anfallende hohe Kohlenstoffgehalt des Reststoffes besitzt gute schadstoffbindende Eigenschaften. Das kann noch dadurch unterstützt werden, daß dem Pyrolysegut vor der Verdichtung schadstoffbindende Zusätze beigegeben werden.

Ein weiterer besonderer Vorteil ergibt sich dadurch, daß der Austritt der gasförmigen Pyrolyseprodukte aus der Pyrolysekammer am Ende der Förderstrecke erfolgt. In diesem Falle durchströmen die heißen gasförmigen Pyrolyseprodukte zum einen das Pyrolysegut in voller Länge, zum anderen wird die Pyrolysekammer hierdurch erst unmittelbar vor der Ausbringung drucklos, was die Abdichtung der Pyrolysekammer an der Austrittsseite vereinfacht. Gemäß der sich einstellenden Strömung der gasförmigen Pyrolyseprodukte und des dadurch bedingten Druckabfalls längs der Pyrolysekammer herrschen die höchsten Drücke an der Einbringungsseite und sorgen hier sowohl für schnelle Durchwärmung als auch für schnelle Entgasung.

Optimaler Wärmeübergang durch Druckkontakt, optimierte Wärmeleitfähigkeit durch Minderung des Porenvolumens und zusätzliche Volumenbeheizung durch die gasförmigen Pyrolyseprodukte selbst sind Vorteile des erfindungsgemäßen Pyrolyseverfahrens bezüglich der Erwärmung des Pyrolysegutes gegenüber dem bisherigen Stand der Technik. Durch die Pyroly-

se selbst wird die Wärmeleitfähigkeit des Pyrolyse-
gutes ständig verbessert, vor allem in den Kontaktzonen
der Wände, so daß die hier schon bevorzugt
pyrolysierten Bereiche die Wärme auch durch gute
Wärmeleitung an die Innenbereiche, die noch nicht so
weit pyrolysiert sind, weitergeben. Ein zusätzlicher
Effekt ist dadurch gegeben, daß die kohlenstoffrei-
chen Reststoffe im verdichteten bzw. nachverdichte-
ten Zustand sehr viel bessere Wärmeleitung besitzen
als das ursprüngliche Pyrolysegut. Erfindungsgemä-
ßer Verdichtungszustand von Pyrolysegut und Rest-
stoffen sowie der ständige Druckkontakt des Pyroly-
segutes mit den Kammerwänden minimieren nicht
nur die notwendigen Abmessungen der Pyrolysekam-
mer, sie verkürzen auch die notwendige Pyrolysezeit
erheblich.

Bei der Aufbereitung von Industriegüterwracks,
wie beispielsweise Personenkraftwagen, Kühl-
schränken, Waschmaschinen u.dgl., entstehen durch
ein großvolumiges Portionieren des Schrottgutes,
durch Zerteilen und/oder Stauchen unter Beibehal-
tung seiner Misch- und Verbundstruktur gut handha-
bungsfähige Schrottpakete bei minimalem Aufberei-
tungsanfang. Insbesondere durch Stauchen der In-
dustriegüterwracks ist es möglich, Schrottpakete
nährungsweise einheitlicher Außenabmessung zu
erhalten, was ihre Handhabung in der Pyrolysekam-
mer erleichtert. Die Portionierung des Schrottes wird
dabei zweckmäßigerweise so vorgenommen, daß
hinreichende Entgasungsvolumina bestehen bleiben.
Die großvolumige Portionierung erleichtert zudem
das Beschicken der Pyrolysekammer mit Hilfe inter-
mittierend arbeitender Ein- und Ausbringungseinrich-
tungen des Schrottgutes.

Insbesondere bei der Anwendung des Verfah-
rens auf zu verschrottende Fahrzeuge kann es
zweckmäßig sein, das großvolumige Portionieren
des Schrottes durch strukturloses Zerteilen in relativ
große Wrackabschnitte vorzunehmen. Auf diese Wei-
se läßt sich die Größe der Pyrolyseportionen begren-
zen. Das Zerteilen kann sowohl mit Hilfe von Reiß-
greifern erfolgen als auch durch andere Schneid-
oder Trennverfahren. Ein Nachstauchen der so ge-
wonnenen Wrackabschnitte auf vorgegebene Ab-
messungen kann zur Vereinfachung der Handhabung
zweckmäßig sein.

Die Nachverbrennung der Pyrolysegase kann
beim erfindungsgemäßen Verfahren in einem geson-
derten Teil der Pyrolysekammer erfolgen, was den
Vorteil hat, daß ein Teil der Verbrennungswärme di-
rekt zum Aufrechterhalten der Pyrolyse genutzt wer-
den kann. Häufig wird es jedoch zweckmäßig sein,
die schadstoffarme Nachverbrennung in einer geson-
derten Nachverbrennungskammer zu vollziehen. In
diesem Falle lassen sich die Verbrennungsbedingun-
gen definierter kontrollieren, wodurch hohe Schad-
stofffreiheit der Abgase gewährleistet werden kann.

Eine Handhabungserleichterung - und damit ei-

ne vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens - kann
darin bestehen, daß der Mischschrott in Sammelcon-
tainern zusammengefaßt die Pyrolysekammer durch-
läuft. Besonders dann, wenn unterschiedliche Kon-
sumgüterwracks verwendet werden, deren Außenab-
messungen sehr unterschiedlich sind, ist ein derarti-
ges Vorgehen zweckmäßig.

Die Temperatur der Pyrolysekammer wird zweck-
mäßigerweise so geregelt, daß bei vollständiger Ent-
gasung und zumindest teilweiser Vergasung der py-
rolysefähigen Bestandteile des Schrottes die
Schmelztemperatur der Schlackerückstände nicht er-
reicht wird. Diese Vorgehensweise hat Vorteile: Die
Pyrolyserückstände schmelzen nicht auf die metalli-
schen Bestandteile des Schrottes auf und können
leicht separiert werden, und die noch nicht minerali-
sierten (aufgeschmolzenen) Pyrolyserückstände ent-
halten noch in poriger Form, d.h. mit großer aktiver
Oberfläche, absorptionsfähigen Kohlenstoff zur
Schadstoffbindung.

Mischschrott enthält in der Regel nur begrenzte
Anteile an pyrolysierbarem Material. Beispielsweise
belaufen sich die nichtmetallischen Anteile eines
Fahrzeugs üblicher Bauart auf weniger als 30 %. So-
wohl aus Gründen der Entsorgung einer Region als
auch aus energetischen Gründen kann es daher
zweckmäßig sein, dem Mischschrott Abfall mit höhe-
rem Brennwert zuzumischen. Dies kann in einfacher
Form dadurch geschehen, daß die Konsumwracks
selbst als "Container" benutzt werden, indem ihre ver-
bleibenden Hohlräume teilweise mit diesem Abfall ge-
füllt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin,
den Zusatzabfall zusammen mit den portionierten
Wracks zunächst in die genannten Behälter hineinzu-
verdichten und nachfolgend in die Pyrolysekammer
zu schicken. Eine weitere Möglichkeit, das erfin-
dungsgemäße Verfahren fortzuentwickeln, besteht
darin, daß einer Nachverbrennung mehrere Pyrolyse-
kammern zugeordnet sind. Insbesondere dann, wenn
gesonderte Nachverbrennungskammern vorge-
sehen sind, bringt diese Möglichkeit Vorteile, wenn die
Beschickung der Pyrolysekammern derart zeitver-
setzt erfolgt, daß die Summe der Gasentwicklungen
nährungsweise konstant gehalten werden kann.

Sowohl bei der Aufbereitung von Haus- und Indu-
striemüll als auch von Industriegüterwracks o.dgl.
Entsorgungsgut enthalten die anfallenden Pyrolyse-
produkte in aller Regel Schadstoffe, die nicht an die
Umwelt abgegeben werden dürfen.

Erfindungsgemäß werden daher bei einer bevor-
zugten Ausführungsform die bei der Pyrolyse anfal-
lenden, die Schadstoffe enthaltenden, festen, flüssi-
gen und/oder gasförmigen Verfahrensprodukte in ein
oder durch mehrere Schmelzbäder, die auf unter-
schiedlichen Temperaturwerten gehalten werden
und/oder unterschiedliche Zusammensetzung auf-
weisen, hindurchgeleitet. Dadurch, daß die schad-
stoffhaltigen Pyrolyseprodukte durch Schmelzbäder

geleitet werden, deren Temperaturwerte im Bereich von 1.500 °C bis 2.000 °C liegen können, ist es möglich, sowohl die Zersetzungstemperaturen organischer Schadstoffe als auch beispielsweise die Kondensationstemperatur anorganischer Schadstoffe in einzelnen Bädern optimal einzustellen und in engen Grenzen konstant zu halten. Je nach Anwendungsfall kann ein Schmelzbehälter genügen.

In den Hochtemperaturschmelzbädern werden zunächst die organischen Schadstoffe vollständig zersetzt. Besonders vorteilhaft wirkt sich aus, daß das Durchströmen wenigstens eines Schmelzbades mit weitaus geringeren Geschwindigkeiten verbunden ist als die Verbrennung der Verunreinigungen in einem Gasbrenner nach dem Stand der Technik. In der Hochtemperaturflüssigkeit werden die Kontaktzeiten zwischen schadstoffhaltigen Gas- bzw. Flüssigkeits- und/oder Feststoff-Kontaminationen derart begünstigt, daß längere Abwege entfallen können. Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit einem Vorrichtungsaufbau arbeiten, der wesentlich einfacher und kompakter ausgebildet ist als die bekannten vergleichbaren Anlagen. Das Durchleiten der schadstoffbelasteten gasförmigen Pyrolyseprodukte durch ein Hochtemperaturschmelzbad erfordert, wie bei herkömmlichen Filteranlagen auch, ein gewisses Druckgefälle, das sowohl dadurch erzeugt werden kann, daß die durchzuleitenden schadstoffhaltigen Materialien vorkomprimiert und unter Überdruck dem Hochtemperaturschmelzbad zugeführt werden, als auch dadurch, daß das Schmelzbad mit Unterdruck beaufschlagt wird.

Die Schmelzbäder können aus einem oder verschiedenen, bei den in Frage kommenden hohen Temperaturen, schmelzenden Werkstoffen bestehen. Die Werkstoffauswahl der Bäder richtet sich neben dem jeweils gewünschten Temperaturbereich nach der für das betreffende Bad angestrebten Schadstoffkonvertierung. Metallische Bäder sind für die Konvertierung bestimmter Schadstoffkombinationen günstig. Schmelzbäder aus Glas können bezüglich ihrer Viskosität an einen großen Temperaturbereich so angepaßt werden, daß ein problemloses Durchleiten und Zerteilen des schadstoffhaltigen Materials ermöglicht wird. Darüber hinaus besitzt Glas auch hervorragende Einbindungseigenschaften für feste anorganische Schadstoffe. Beispielsweise sind Blei und Arsen sogenannte Netzwerkbildner in den vorhandenen Glasstrukturen, die in entsprechend formulierte Gläser problemlos und auslaugungsfest bei hoher Aufnahmekapazität eingebaut werden. Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Gläsern als Hochtemperaturschmelzbad ist darin zu sehen, daß beliebig unsortiertes, anderweitig nur schwer zu nutzendes Altglas verwendet werden kann.

Wird das erfindungsgemäße Verfahren auf die Nachreinigung von Abgabeprodukten der Müllpyrolyse angewendet, so kann der nicht zu vermeidende

Altglas-Anteil des Hausmülls direkt genutzt werden. Bei Glasschmelzen, deren Temperaturen oberhalb 1.200 °C liegen, ist sichergestellt, daß alle organischen Schadstoffe, die in Abgasen enthalten sein könnten, vollständig zersetzt werden, insbesondere auch Dioxine bzw. Furane.

Ergänzend zu den vorstehend angeführten Metall- und Glasschmelzbädern bieten aus geschmolzenen Salzen bestehende Bäder den Vorteil, daß Schadstoffkomponenten, wie Chlor, Fluor und Schwefel o.dgl., hier neutralisiert und in umweltneutrale Verbindungen überführt werden. Je nach Art der Schadstoffmenge und Schadstoffzusammensetzung der Pyrolyseprodukte ist es zweckmäßig, mehrere Schmelzbäder hintereinander zu schalten, wobei sie nach der Temperatur so gestaffelt sein können, daß die Temperatur des jeweils vorhergehenden Bades stets größer als die des im Verfahrensablauf folgenden Bades ist. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise bewirkt, daß die Wärmeabgabe der Pyrolyseprodukte jeweils das im Verfahrensablauf nachfolgende Bad beheizt, so daß auf Fremdheizung weitgehend verzichtet werden kann. Die Hochtemperaturbäder können bei einer derartigen kaskadenförmigen Badanordnung zusätzlich durch Verbrennung des anfallenden Pyrolysekokes unter Sauerstoffzufuhr aufgeheizt werden. In den Bädern der genannten Kaskade, die niedrigere Temperaturwerte aufweisen, können Schadstoffe, die bei Temperaturen, bei denen organische Stoffe zersetzt werden, flüchtig bleiben, kondensiert und chemisch so eingebunden werden, daß sie in unlöslicher Form ausgebracht werden können.

Die derzeitig zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Zersetzung organischer Schadstoffe und die Einbindung anorganischer Schadstoffe in Form einer Mineralisierung in Kombination mit einer zusätzlichen Schadstoffkondensation zeigen, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Schadstofffreiheit der so behandelten Gase garantiert ist. Eine messende Überwachung der von Schadstoff befreiten Gase kann entweder entfallen oder auf ein Minimum reduziert werden, beispielsweise auf die Überwachung eines Leitelements oder einer Leitverbindung.

Die gasdichte Anordnung eines Hochtemperaturbades bzw. einer Schmelzbadkaskade unmittelbar an der Austragsöffnung des Pyrolysereaktors macht störanfällige Schleusen überflüssig.

Die Unterschiede im spezifischen Gewicht zwischen Gläsern und Metallen sowie Salzschnmelzen erlauben in Schmelzbädern entsprechender Temperatur das fraktionierte Ausbringen von in den Pyrolyserückständen mitgeführten recyclingfähigen Werkstoffen in einfacher und hygienisch einwandfreier Weise.

Geht die bisher praktizierte Pyrolysetechnik davon aus, die Durchwärmung des Abfalls durch Auf-

lockern zu verbessern und zu beschleunigen, was zu aufwendigen Aufbereitungsanlagen und voluminösen Pyrolyseöfen führt, so beruht die erfindungsgemäße reaktive Kompaktierung auf der Beobachtung, daß durch eine Verdichtung von losem Mischabfall die Wärmeleitfähigkeit in dem zu pyrolysierenden Material so weit verbessert werden kann, daß die Pyrolyse in diesem verdichteten Zustand problemlos wird. Es wird hier deshalb von einer Niedertemperatur-Druckpyrolyse gesprochen. Die Inhaltsstoffe des Abfalls, die sich in den Schmelzbädern wiederfinden, verbessern während der Pyrolyse zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit; Inertstoffe, beispielsweise Glas, stören den Verfahrensablauf nicht.

Das reaktive Kompaktieren bietet somit alle Voraussetzungen, den Anforderungen gerecht zu werden, die an ein modernes wirtschaftliches Entsorgen von Abfallprodukten zu stellen sind, zumal auch für die Funktion kleinerer Anlagen keine prinzipiellen Einschränkungen zu machen sind.

Drei beispielsweise Vorrichtungsaufbauten für das reaktive Kompaktieren, die Niedertemperatur-Druckpyrolyse, die durch die Vorverdichtung gegebenen erfindungsgemäßen Transport- und Zwischenlagermöglichkeiten sowie die Hochtemperaturbehandlung werden anhand der Zeichnungsdarstellungen näher erläutert, wobei diese nur schematisierte Ausführungsformen in stark vereinfachter Form darstellen sollen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem einzigen Pyrolyserohr mit zugeordnetem Einschmelzvergaser;

Figur 2 die Prinzipskizze einer als Durchlaufofen aufgebauten, anderen vorteilhaften Pyrolysekammer für die Aufnahme einer Mehrzahl von Pyrolysebehältnissen in Verbindung mit einem anderen Hochtemperaturofen;

Figur 3 eine Draufsicht auf die Anordnung gemäß Fig. 2;

Figur 4 eine noch weitere, besonders vorteilhafte Ausführung einer Durchlauf-Pyrolysekammer mit nachgeschaltetem Einschmelzofen und

Figur 5 eine Draufsicht auf die Ausführungsform gemäß Fig. 4.

In Fig. 1 ist ein nachfolgend als Pyrolyserohr 1 bezeichnetes, beheizbares Rohr oberhalb eines Schmelzbadbehälters 10 vertikal angeordnet und mit diesem gasdicht verbunden. Das Rohr gibt eine Pyrolysekammer vor. Der Materialtransport zwischen dem Rohr 1 und dem Schmelzbadbehälter 10 erfolgt unterstützt durch Schwerkraft. Aufwendige, temperaturbelastete und störanfällige Transporteinrichtungen entfallen. Eine Vorverdichtungseinrichtung für das in die obere Öffnung des senkrecht stehenden Pyrolyserohres 1 einzufüllende Pyrolysegut an der Beschickungsseite sollte in geeigneter Weise vorge-

sehen werden, ist aus Gründen vereinfachter Darstellung jedoch nicht eingezeichnet. Eine Vorverdichtungseinrichtung hat den Vorteil, auch sperriges Pyrolysegut ohne vorherige Aufbereitung dem Pyrolyserohr 1 zuführen zu können. Die Zuführung des Pyrolysegutes wird begünstigt durch eine trichterförmige Erweiterung des Pyrolyserohres 1 im oberen Öffnungsbereich. Eine Stopfeinrichtung 2 bewegt sich periodisch in die trichterförmige Erweiterung hinein und verbringt das vorverdichtete Pyrolysegut schubweise in und durch das Pyrolyserohr 1.

Die Stopfeinrichtung 2 ist ein pneumatisch-, hydraulisch- oder schwerkraftbetriebener Hammer, wie er in vergleichbarer Ausbildung und Arbeitsweise beispielsweise zum Einrammen von Spundwänden oder Gründungspfählen handelsüblich ist. Der Hammer wird mit Hilfe von Führungsrollen oder anderen geeigneten Führungen zum Pyrolyserohr fluchtend so geführt, daß er in vertikaler Richtung auf- und abbeweglich ist. Sein Stößel 2' besitzt ein geformtes Kopfstück, mit dem das Pyrolysegut periodisch in das Pyrolyserohr 1 eingestopft bzw. eingeschlagen wird. Die ausschließlich kraftschlüssige Verbindung zwischen Pyrolysegut und Hammer hat den wesentlichen Vorteil, daß keine unzulässig hohen Kräfte im Beschickungsbereich auftreten können, die bei zwangsgeführter Stopfvorrichtung sonst unvermeidlich sind. Besonders feste Bestandteile im Pyrolysegut, wie Metallteile o.dgl., könnten sonst zu Überbelastungen der Stopfeinrichtung führen. Dies ist bei der wie vorstehend beschriebenen Vorrichtung ausgeschlossen. Das Pyrolyserohr 1, welches unsortiertes Pyrolysegut aufnimmt, das über seine gesamte Länge stoßweise durch dieses hindurchbewegt wird, hat ein Längen-/Durchmesser Verhältnis von größer als 1:10. Bei Rohren dieser Geometrie läßt sich besonders vorteilhaft die Vorschubgeschwindigkeit des Pyrolysegutes dem Verdichtungsdruck des Pyrolysegutes im Pyrolyserohr 1 und somit dem Andruck an die Wandungen des Pyrolyserohres anpassen. Das Pyrolysegut verläßt vollständig pyrolysiert die Mündung des Pyrolyserohres 1 bei optimiertem Mengendurchsatz.

Die Beheizung des Pyrolyserohres 1 erfolgt zweckmäßigerweise durch von außen wirkende Gasbrenner 9, die innerhalb des Heizmantels 16 längs des Rohres verteilt angeordnet sind. Die Außenbeheizung mit Gasbrennern hat den großen Vorteil, daß die entstehenden Pyrolysegase hierfür direkt genutzt werden können. Das Zwischenschalten einer Regeleinrichtung 8 zwischen die Gasauslässe 6 aus dem Pyrolyserohr 1 und die Brenner 9 gestattet in einfacher Weise die Prozeßregelung. Das Pyrolyserohr 1 wird auf Temperaturen zwischen 250 °C und 500 °C erwärmt, wobei der Beschickungsbereich des Pyrolyserohres von der Beheizung ausgenommen ist. In diesem Bereich bildet sich beim Stopfen ein fester Verschlusspfropfen, der den Gasaustritt aus der Mün-

dung des Pyrolyserohres ins Freie sicher unterbindet
 und der sich ständig selbst erneuert. Das ist ein we-
 sentlicher Vorteil, da gasdichte Beschickungsschleu-
 sen, die bei Pyrolyseeinrichtungen sich als störanfäl-
 lig erwiesen haben, vollständig überflüssig werden.
 Die Abgase der Gasbrenner 9 werden im Mantel 16
 gesammelt und durch einen Auslaß 7 einem Abgas-
 kamin zugeführt, gegebenenfalls über eine Filteranla-
 ge. Die Auslaßöffnungen 6 für die Pyrolysegase aus
 dem Pyrolyserohr 1 befinden sich in der Nähe des
 Mündungsbereiches des Pyrolyserohres. Sie werden
 in einer Ringleitung gesammelt und der Regeleinrich-
 tung 8 zur Verteilung zugeführt. In Fig. 1 nicht darge-
 stellt ist die vorteilhafte Möglichkeit, die Verbren-
 nungsluft für den Betrieb der Gasbrenner vorzuwär-
 men, beispielsweise durch Führung längs der Außen-
 flächen des Heizmantels 16, und/oder die Verbren-
 nungsluft mit Sauerstoff anzureichern. Die mit diesen
 Maßnahmen verbundene Erhöhung der Flammtem-
 peratur der Brenner garantiert die Zersetzung organi-
 scher Schadstoffe im Pyrolysegas und somit die
 Schadstofffreiheit der Abgase.

Der Auslaßbereich des Pyrolyserohres 1 weist
 ein konusförmiges Verengungsteil 14 auf, dessen
 Querschnitt gegebenenfalls regelbar ist. Mit dieser
 konstruktiven Maßnahme wird erreicht, daß die ver-
 bleibenden Feststoffe der Pyrolyse nachverdichtet
 werden, wodurch auch der Auslaßbereich des
 Pyrolyserohres 1 gegen Gasaustritt abgedichtet wird.
 Der mit dieser Nachverdichtung verbundene Rück-
 stau im Pyrolysegut begünstigt dessen Verdichtung
 beim Stopfen und verbessert den Gesamtablauf der
 Pyrolyse.

Der Schmelzbadbehälter 10 ist fluchtend unter
 dem Pyrolyserohr 1 angeordnet. Er ist mit einer feu-
 erfesten, mit einer Temperatur oberhalb von 1.300 °C
 beaufschlagbaren Innenauskleidung 11 versehen.
 Die Erwärmung des Schmelzbades erfolgt mit Hilfe der
 Gasbrenner 9', die auf die Oberfläche des Schmelzba-
 des gerichtet sind. Ihre Wirkung kann mittels einer in Fig.
 1 nicht dargestellten regelbaren Sauerstoffzufuhr un-
 terstützt werden. Mit Hilfe der Sauerstoffzufuhr können
 kohlenstoffhaltige Pyrolysereststoffe vollständig nach-
 verbrannt werden, wodurch einmal die Menge der fes-
 ten Reststoffe reduziert wird, zum anderen aber
 auch dem Schmelzbad Wärmeenergie zusätzlich zu-
 geführt wird. Eine Sauerstoffüberschuß im Brenngas der Brenner
 9' möglich. Die hohe Schmelzbadtemperatur führt zu
 einer Mineralisierung der Pyrolyserückstände. Die
 mineralisierte Schlacke garantiert eine auslaugungs-
 feste Einbindung jeglicher Schadstoffe und macht so
 die Rückstände zu umweltfreundlichen bzw. inerten
 Materialien für die Baustoffindustrie o.dgl.

Altglasinhalte des Pyrolysegutes begünstigen
 diese Eigenschaften. Ein Aussortieren des Altglases
 vor der Pyrolyse entfällt. Die physikalischen Eigen-
 schaften des Schmelzbades 12 im Schmelzbadbe-

hälter 10 können durch Zuschlagsstoffe verbessert
 werden, die dem Pyrolysegut vor seiner Einbringung
 in das Pyrolyserohr 1 beigelegt werden. Zuschläge
 von Kalk oder Dolomit erwirken sowohl eine Schad-
 stoffbindung bereits während der Pyrolyse als auch
 eine Verflüssigung der Schlacke im Schmelzbad.

Entsprechend der Darstellung in Fig. 1 ist dem
 Auslaßbereich des Pyrolyserohres 1 ein in das
 Schmelzbad 12 eintauchendes Tauchrohr 13 nachge-
 ordnet, das den Übertritt von Stäuben der
 Pyrolysereststoffe in den Gasraum des Schmelzbad-
 behälters 10 verhindert und die unmittelbare Einlei-
 tung der Reststoffe in die Schmelze sichert. Die Ab-
 gase des Schmelzbadbehälters 10 werden durch eine
 Abgasleitung 18 in die Pyrolysegase rückgeführt. Ihr
 möglicher Schadstoffgehalt wird durch die Nachver-
 brennung in dem Gasbrenner 9 bzw. 9' unschädlich
 gemacht. Die mit der Gasrückführung verbundene
 mögliche Minderung der Brennwerte der Pyrolysega-
 se wird durch die höhere Temperatur der Abgase des
 Schmelzbadbehälters 10 weitgehend kompensiert.

Die hohe Temperatur des Schmelzbades für die
 Pyrolyserückstände ermöglicht nicht nur eine effekti-
 ve Schadstoffeinbindung durch Mineralisierung, sie
 bietet auch die Möglichkeit, wertvolle Inhaltsstoffe
 des Pyrolysegutes zu separieren. Wählt man bei-
 spielsweise die Temperatur des Schmelzbades 12
 größer als die Schmelztemperatur von Stahl, so las-
 sen sich mineralisierbare Leichtstoffe, die auf den ge-
 schmolzenen Stahl aufschwimmen, durch mehrere
 Überläufe in unterschiedlichen Höhen des Schmelz-
 badbehälters fraktioniert ausbringen. Durch die Se-
 parierung recyclingfähiger Metalle verringert sich zu-
 sätzlich nicht nur der dann noch benötigte Deponie-
 raum, sondern die Effektivität des Verfahrens wird
 weiter erhöht.

Die Arbeitsweise der in Fig. 1 gezeigten Vorrich-
 tung ist folgende: Durch die periodische Stopfbewe-
 gung der Vorrichtung 2, 2' in Pfeilrichtung wird das
 Pyrolysegut in dem ungeheizten Mündungsbereich
 des Pyrolyserohres 1 hochverdichtet und bildet den
 gewünschten Dichtpfropfen. Durch den stetigen
 Durchschub des Pyrolysegutes bildet sich dieser
 Pfropfen immer wieder neu und bewirkt eine war-
 tungsfreie zuverlässige Dichtung. Mit dem Eintritt in
 die nachfolgende Heizstrecke beginnt die Pyrolyse
 des verdichteten Materials von der Rohrwandung her.
 Der stetige Nachschub von Pyrolysegut gleicht dabei
 den Masseverlust durch Pyrolyse aus, so daß der für
 den guten Wärmeübergang notwendige Andruck des
 Pyrolysegutes an die Rohrwandung bis zum Schluß
 aufrechterhalten bleibt. Mit wachsendem Durch-
 schub wächst die Dicke der pyrolysierten Ringzone
 von der Rohrwandung nach innen an, so daß kurz vor
 dem Auslaßbereich, etwa in Höhe der Auslaßbohrun-
 gen 6 für das Pyrolysegas, das Pyrolysegut vollstän-
 dig durchpyrolysiert ist. Die verbleibenden festen
 Reststoffe der Pyrolyse fallen schließlich bei fort-

schreitendem Durchschub durch das Tauchrohr 13 in das Schmelzbad 12, wo sie aufgeschmolzen und mineralisiert werden.

Die Kompaktbauweise der Pyrolyseeinrichtung, ermöglicht durch das Prinzip des reaktiven Kompaktierens, gestattet es, den Verlust von unkontrollierter Abwärme durch effektive Wärmeisolierung zu vermeiden und Schallemissionen durch Abschirmung zu unterdrücken.

Eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens ist in den Fig. 2 und 3 schematisch dargestellt. Danach besteht die Pyrolysekammer nicht aus einem senkrecht stehenden Rohr, das das zu pyrolysierende Entsorgungsgut unmittelbar aufnimmt, sondern vielmehr aus einem Durchlaufofen 23, der eine Mehrzahl von Behältnissen 21 in Form von Kartuschen aufnimmt. Die zylindrischen Kartuschen 21 treten insofern als Rohrabschnitt an die Stelle des Einzelrohres der vorbeschriebenen Ausführungsform. Die Behältnisse oder Kartuschen 21 werden vor Einbringung in den Durchlaufofen 23 in einer benachbarten oder entfernt liegenden Füllstation mit dem Entsorgungsgut, wie beispielsweise Hausmüll, verdichtend gefüllt, und der innerhalb der Kartuschen 21 in komprimierter Form vorliegende Müll wird in dieser Form in eine Schleuse 22, die die Beschickungsöffnung für die Pyrolysekammer, den Durchlaufofen 23, bildet, eingebracht. Bei der Einbringung und späteren Ausbringung der einzelnen Kartuschen wird das Austreten von Pyrolysegas durch die Schleuse vermieden. Hierfür werden die einzelnen Kartuschen 21 nacheinander auf einem geeigneten Transportorgan 37 fluchtend unter der Schleuse 22 in Stellung gebracht und von dort aus durch Hubbewegung in den Durchlaufofen gefördert.

Das Abfüllen der Kartuschen 21 muß örtlich nicht in Verbindung gebracht werden mit der Anlage des Pyrolyseofens, sondern kann vielmehr an jedem beliebigen Ort erfolgen, so beispielsweise in einer kommunalen Müllsammelstelle, zu der beliebiges Entsorgungsgut in loser oder leicht vorverdichteter Form angeliefert wird. In bereitstehende Leergutkartuschen wird mittels einfacher Stopfvorrichtungen das Entsorgungsgut an Ort und Stelle hineinverdichtet. Die in Normgrößen bereitgestellten Kartuschen werden von den Sammel- und Lagerstellen mit dem raumsparend verdichteten Müll zur Aufbereitungsanlage gefahren. Das Hineinverdichten des Entsorgungsgutes in die Rohrkartuschen erfolgt unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur, also ohne vorheriges Sortieren oder Separieren bestimmter Müllkomponenten. Die gefüllten Rohrkartuschen lassen sich beliebig zwischengelagern und sind analog zu einer Mehrwegverpackung nach erfolgter Pyrolyse und Entleerung beliebig oft wiederverwendbar.

Die Pyrolysekammer besteht bei der Ausführungsform nach Fig. 2 und 3 aus einem im Querschnitt rechteckigen Durchlaufofen 23, der getrennt

durch eine Führungswand 33 zwei Reihen von Kartuschen aufnimmt, die mittels geeigneter Schubvorrichtungen 22 im Kreislauf durch den Ofen hindurchgeführt werden. Hierfür sind praktisch an den jeweils sich diametral gegenüberliegenden Wandabschnitten des Durchlaufofens 23 insgesamt vier Vorschubvorrichtungen 24 vorgesehen, um die vier Vorschubrichtungen der Kartuschen 21 vorgeben zu können. Der Vorschub erfolgt intermittierend um jeweils eine Kartusche. Der Durchlaufofen 23 besteht aus einem mit Feuerfestmaterial 31 ausgemauerten Ofengehäuse 32. Der Innenraum des Durchlaufofens 21, d.h. der Pyrolysekammer, wird auf einer Temperatur von 400 °C bis 600 °C gehalten, und die einzelnen Kartuschen 21 werden in der dargestellten Weise im Kreislauf geführt. Intermittierend werden sie derart durch den Ofen hindurchgeschoben, daß jede Kartusche sich ca. 3 Stunden innerhalb der Pyrolysekammer aufhält, wodurch eine vollständige Entgasung des Mülls o.dgl. Entsorgungsgut innerhalb der Kartuschen sichergestellt wird. Der Durchlauf der einzelnen Kartuschen 21 durch den Durchlaufofen 23 beginnt nach Einfahren der gefüllten Kartuschen 21' durch die Schleuse 22 fortschreitend entlang der einen Hälfte des Durchlaufofens zwischen der Führungswand 33 und dem Ofengehäuse über die Längsausdehnung der Pyrolysekammer bis zu deren entgegengesetzt liegenden Stirnwand mittels der einen Vorschubvorrichtung 24, dann entlang der Stirnwand mittels einer zweiten Vorschubvorrichtung und schließlich in entgegengesetzter Richtung wiederum zwischen der Ofengehäuselängswand und der Führungswand 33 mittels der dritten Schubvorrichtung. Dadurch, daß die Schubvorrichtungen einen Schieber, Kolben oder Stößel 35 intermittierend betätigen, ergibt sich die genannte Schrittbewegung. Die vierte Schubvorrichtung 24 schiebt jeweils die Kartusche 21", die den Ofen vollständig durchlaufen hat, in eine fluchtende Stellung über den an diesem Ende der Pyrolysekammer unterhalb des Durchlaufofens 23 angeordneten Hochtemperaturofen 26. Gleichfalls fluchtend oberhalb der zu entleerenen Kartusche 21" und damit fluchtend zu dem Hochtemperaturofen 26 befindet sich eine Ausstoßvorrichtung 27. Diese Ausstoßvorrichtung entleert die vollständig durchpyrolysierte Kartusche 21", so daß die Pyrolyseprodukte in Form von verdichtetem Kohlenstoff und Inertmaterialien, wie Metallverbindungen, Glas- und andere Mineralien, durch die Öffnung 28 hindurch in die Schmelze 29 des Hochtemperaturofens 26 fallen. Der Hochtemperaturofen 26 ist ein Schmelzbadbehälter etwa nach Art eines Einschmelzvergaser, der wie der Schmelzbadbehälter 10 entsprechend der Ausführungsform nach Fig. 1 betrieben wird. Die Ausstoßvorrichtung 27 und der Schmelzbadbehälter 29 stehen in gasdichter Verbindung mit dem Innenraum des Durchlaufofens 23. Der Schmelzbadbehälter ist hierfür über eine Abdichtung

36 mit dem Ofengehäuse 32 verbunden. Entsprechend gasdicht mit dem Ofengehäuse steht auch die Beschickungsvorrichtung 34 in Verbindung. Der Hochtemperaturofen 26 ist in der seitlichen Schnittdarstellung nach Fig. 2 schematisch nur durch eine Ofenummauerung 39 angedeutet. Integraler Bestandteil des Hochtemperaturofens 26 ist danach ein Sammelbehälter 30, der durch einen Überlauf 38 kommunizierend an die Schmelze 29 angrenzt, so daß der gegebenenfalls fraktionierte Abzug der Schmelze nicht unmittelbar über und aus dem Hochtemperaturofen erfolgen muß.

Die während der fortschreitenden Pyrolyse innerhalb der den Durchlaufofen 23 schrittweise durchlaufenden Kartuschen 21 anfallenden flüchtigen Gase zusammen mit dem Wasserdampf werden über einen oder mehrere Gasauslässe 25 gleichfalls dem Schmelzbadbehälter 29 zugeführt und dienen hier zusammen mit dem anfallenden Kohlenstoff, unter zusätzlicher Zuführung von Sauerstoff, zur Aufheizung und Konstanthaltung der Temperatur der Schmelze 29 in dem Hochtemperaturofen wie auch in dem Sammelbehälter 30.

Durch Einsatz von Sauerstoff-Propan- bzw. Sauerstoff-Prozeßgas-Brennern zur Beheizung des Durchlaufofens 23 können in besonders vorteilhafter Weise in der Hochtemperaturzone des Brenners Temperaturwerte im Bereich von 2.000 °C vorgegeben werden. Damit ist es möglich, einerseits im Pyrolysegas direkt entstehende höhermolekulare organische Verbindungen und Schadstoffe thermisch bereits innerhalb der Pyrolysekammer zu zersetzen sowie andererseits die zur Energieerzeugung anstelle von Propan genutzten Prozeßgase von den darin noch enthaltenen Schadstoffspuren durch Spaltprozeß zu befreien und unschädlich zu machen. Diese Verfahrensweise führt somit nicht nur zu stark verminderten organischen Schadstoffanteilen, sondern es verbleiben auch insgesamt stark reduzierte Prozeßgasmengen für die Gasreinigung vor einer externen Energienutzung.

Nach dem Entleeren der Kartusche 21" in der fluchtenden Stellung zum Hochtemperaturofen 26 wird diese im Kreislauf bis zu der Stellung fluchtend über der Schleuse 22 geführt, um dort mittels der Beschickungsvorrichtung 34 ausgebracht und auf das Transportorgan 37 abgesetzt zu werden. Die leeren Kartuschen 21' werden entweder unmittelbar anschließend mit Entsorgungsgut neu gefüllt oder zu einer entfernt liegenden Stopfanlage mittels Lastkraftwagen gebracht. Es ist auch möglich, getrennte Schleusen für die Beschickung und Entnahme aus dem bzw. in den Durchlaufofen vorzusehen.

Im Hochtemperaturofen 26 wird durch die Verbrennung der bei der Pyrolyse anfallenden Gase einerseits und die Verbrennung des durch die Druckpyrolyse verdichteten Kohlenstoffs andererseits unter Zuführung von Sauerstoff die Temperatur so gehalten,

daß der obere Ofenbereich ca. 1.000 °C aufweist, während innerhalb der Schmelze im unteren Ofenbereich etwa 1.600 °C vorherrschen sollen. Die Schmelze setzt sich je nach Müllzufuhr aus flüssiger Schlacke, Glas, Metall und sonstigen Inertstoffen in unterschiedlichen Konzentrationen zusammen. Der Abzug der Schmelze, die über den Überlauf 38 in den Sammelbehälter 30 fließt, erfolgt von dort intermittierend oder kontinuierlich.

In den Figuren 4 und 5 ist im Seitenaufriss und in Draufsicht ein noch weiteres, besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel für eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Pyrolyseverfahrens wiedergegeben. Danach besteht die Pyrolysekammer aus einem langgestreckten, im wesentlichen horizontal ausgerichteten kanalartigen Ofenschacht 40 mit einem Eintragsende 41 und einem Austragsende 42. Über eine Zufuhrvorrichtung 51, die im Ausführungsbeispiel etwa kastenartig ausgebildet ist, wird das zu pyrolysierende Entsorgungsgut entweder in Form von beispielsweise unverdichtet und unsortiert anfallenden Abfällen oder vorverdichtet portioniert, beispielsweise in thermisch zersetzbaren Behältnissen zusammengefaßt, eingebracht. Die Zufuhrvorrichtung 51 weist hierfür einen Verdichter 52 und einen Schubstempel 53 auf. Diese doppelte Schubstempelinrichtung, deren Stempel wechselseitig, d.h., alternierend, senkrecht zueinander arbeiten, wie das insbesondere aus der Darstellung gemäß Fig. 4 zu entnehmen ist, wird dort von oben her, also wiederum senkrecht zu den beiden Stempelbewegungen, mit Entsorgungsgut, dessen Misch- und Verbundstruktur beliebig sein kann, intermittierend beschickt. Das unverdichtet oder vorverdichtet eingefüllte Entsorgungsgut erfährt eine Nachverdichtung mittels des Verdichters 52, woraufhin es dann gleichfalls intermittierend mittels des Schubstempels 53 in den Ofenschacht 40 und damit die eigentliche Pyrolysekammer nachverdichtet hineingestopft wird. An der Beschickungsseite bildet sich somit am Eintragsende 41 ein fester gasundurchlässiger Pfropfen aus dem stets nachzuschiebenden Entsorgungsgut, wobei gleichzeitig durch den intermittierend ablaufenden Stopfvorgang das verdichtete Entsorgungsgut 57 unter Beibehaltung dieses verdichteten Zustandes über den gesamten Querschnitt des Ofenschachtes entlang der Pyrolysekammer durch diese hindurchgeschoben wird, wobei es über ihre gesamte Länge in Druckkontakt mit den Kammerwandungen steht und in diesem Zustand auch verbleibt. Zur Durchführung der Niedertemperatur-Druckpyrolyse ist um den Ofenschacht 40 herum ein Heizmantel 54 gelegt, so daß eine Beheizung der Pyrolysekammer analog zu der Ausführungsform gemäß der vorstehend beschriebenen Fig. 1 erfolgen kann.

Der Verdichtungszustand des Pyrolysegutes innerhalb der Pyrolysekammer kann sowohl mittels eines eingangsseitigen Querschnittsdosierers 56 als

auch mittels eines ausgangsseitigen Querschnittdosierers 55 geregelt werden, wobei der ausgangsseitige Querschnittdosierer 55 beispielsweise auch in Form einer Schlagklappe ausgebildet sein kann, so daß diese gleichzeitig als Ausstoßvorrichtung des Pyrolysegutes am Austragsende 42 der Pyrolysekammer dienen kann. Das Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 4 und 5 zeigt, daß hier portionierte Entsorgungsgutmengen fortlaufend durch den Ofenschacht 40 hindurchgeschoben werden. Ansonsten entspricht der Ablauf der Pyrolyse in der dargestellten kanalartigen Pyrolysekammer im wesentlichen dem Pyrolyseablauf der rohrförmigen Pyrolysekammer gemäß Ausführungsbeispiel nach Fig. 1.

Der Auslaß 43 am Ende des Ofenschachtes 40 für das dort entgaste Pyrolyseprodukt befindet sich im Boden des im Querschnitt rechteckigen Ofenschachtes 40, wie in Fig. 4 dargestellt, und ist über eine Gasabdichtung 48 direkt mit dem darunter angeordneten Schmelzbadbehälter 44 bzw. einem Einschmelzvergaser verbunden. Der Schmelzbadbehälter 44 ist in seinem Aufbau bzw. seiner Funktionsweise wiederum vergleichbar mit dem Schmelzbadbehälter 10 der Ausführungsform nach Fig. 1 bzw. dem Hochtemperaturofen 26 entsprechend der Ausführung der Figuren 2 und 3.

Der mit einer entsprechenden feyerfesten Ausmauerung versehene Schmelzbadbehälter 44 nimmt in seinem unteren Bereich die Badschmelze 46 auf, auf deren Oberfläche mehrere Sauerstoffflanzen 45 gerichtet sind, und im oberen zurückgesetzten Bereich des Schmelzbadbehälters befindet sich mindestens ein Gasabzug 47. Für den Abzug der Schmelze ist im Ausführungsbeispiel ein Schmelzbadauslauf 49 eingezeichnet, und das Schmelzprodukt kann hier in ein Schmelzgefäß 50 abgezogen werden.

Fig. 5 zeigt die Längsschnittdarstellung der Fig. 4 in Draufsicht, wobei zusätzlich noch eine Abschlußklappe 58 für die Zufuhrvorrichtung 51 für den Müll o.dgl. Entsorgungsgut angedeutet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum energetischen sowie stofflichen Verwerten von Entsorgungsgut, wie Industrie-, Sonder- und Hausabfall und von Industriegüterwracks unterschiedlicher Zusammensetzung, bei dem entstandene Pyrolyseprodukte unmittelbar ohne Zwischenabkühlung einer Hochtemperaturbeaufschlagung unterworfen werden, bei der die Pyrolyseprodukte unter Spaltung zumindest eines Teiles des mitgeführten Wasserdampfes vergast und die gasförmigen Bestandteile aus der Gesamtheit der Pyrolyseprodukte in niedermolekulare Komponenten gespalten und gleichfalls vergast werden und die metallischen und mineralischen Bestandteile aus der verbleibenden Ge-

samtheit ausgeschmolzen und separiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Entsorgungsgut unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur auf einen Bruchteil seines ursprünglichen Volumens verdichtet und unter Beibehaltung des verdichteten Zustandes einer Pyrolyse unterzogen wird, wobei ein ständiger Druckkontakt des Pyrolysegutes mit den Kammerwänden eingehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochtemperaturbeaufschlagung unter Sauerstoffzugabe derart erfolgt, daß das Kohlendioxid aus der exothermen Reaktion des Kohlenstoffs mit Sauerstoff gemäß der Boudouardschen Reaktion in Kohlenmonoxid umgewandelt wird und daß dabei Temperaturen von mehr als 1.500 °C auf die Gesamtheit der Reaktionsprodukte einwirken.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Entsorgungsgut zunächst zu geometrisch an eine Behältnisform angepaßten Paketen näherungsweise gleicher Geometrie kompaktiert wird, daß das so kompaktierte Entsorgungsgut mit Hilfe einer Stopfvorrichtung in derartige Behältnisse hineinverdichtet wird und daß das Entsorgungsgut anschließend in diesem verdichteten Zustand der Pyrolyse unterzogen wird.

4. Pyrolyseverfahren zur Entgasung von organischen Substanzen, wie beispielsweise Haus-, Industriemüll u.dgl., in einer beheizbaren Pyrolysekammer, dadurch gekennzeichnet, daß das Pyrolysegut unter Verdichtung in die Pyrolysekammer eingebracht und unter Beibehaltung des verdichteten Zustandes über den Kammerquerschnitt diese durchläuft, daß die Wärmezufuhr zum Pyrolysegut durch die mit dem verdichteten Pyrolysegut in Druckkontakt stehenden Kammerwandungen erfolgt und daß die sich bildenden gasförmigen Pyrolyseprodukte bei erhöhtem Druck abgeführt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysekammer in ihrem Beschickungsbereich durch das verdichtete Pyrolysegut gasdicht verschlossen wird und daß sie im Abströmbereich der gasförmigen Pyrolyseprodukte einen erhöhten Strömungswiderstand durch Nachverdichtung der festen Pyrolysereststoffe besitzt.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die festen Pyrolyserückstände vor ihrer Ausbringung nachverdichtet werden.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Pyrolysegut durch eine rohrförmige bzw. kanalartig ausgebildete Pyrolysekammer gefördert wird. 5
8. Verfahren nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhr des Pyrolysegutes, seine Verdichtung und der Durchlauf durch die Pyrolysekammer intermittierend erfolgen. 10
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1, und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die nach der Pyrolyse anfallenden, die Schadstoffe enthaltenden, festen, flüssigen und/oder gasförmigen Verfahrensprodukte durch mehrere Schmelzbäder, die auf unterschiedlichen Temperaturwerten gehalten werden und/oder unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen, hindurchgeleitet werden. 15
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verfahrensprodukte durch Schmelzbäder mit abfallenden Temperaturwerten gegeben werden, so daß die Temperatur des jeweils vorhergehenden Bades stets größer ist als die des im Verfahrensablauf folgenden Bades. 20
11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung des im verdichteten Zustand im Behältnis verbleibenden Entsorgungsgutes in einem Durchlaufofen erfolgt, in dem eine Vielzahl der Behältnisse im Umlauf geführt wird. 25
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 4 bis 8 bestehend aus einem beheizbaren Rohr (1), an dem an der Beschickungsseite eine vor- und nachverdichtend wirkende Stopfeinrichtung (2, 2') vorhanden ist, mindestens einer Gasauslaßeinrichtung in der Nähe der Auslaßöffnung der Pyrolysekammer, die austrittseitig gasdicht mit einem Schmelzbadbehälter (10) verbunden ist. 30
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine überwiegend vertikal ausgerichtete Anordnung des Pyrolyserohres (1) oberhalb des Schmelzbadbehälters (10). 35
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stopfeinrichtung (2) ein pneumatisch- hydraulisch- oder schwerkraftbetriebener Hammer ist, wobei ein Stopfstößel (2') in die obere Beschickungsöffnung des Pyrolyserohres (1) eintaucht. 40
15. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch eine Beschickungseinrichtung, bestehend aus einer weiteren Vorverdichtungseinrichtung, einem Transportrohr, das die Vorverdichtungseinrichtung mit einem Querförderer an der Beschickungsseite des Pyrolyserohres (1) verbindet, und aus einer Durchschubeinrichtung für das vorverdichtete Pyrolysegut. 45
16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysekammer ein Durchlaufofen (23) ist, der eine Mehrzahl von Behältnissen (21) mit verdichtetem Entsorgungsgut aufnimmt. 50
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Behältnisse (21) intermittierend im Kreislauf durch den Durchlaufofen (23) hindurchbewegt sind. 55
18. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchlaufofen (23) im Grundriß langgestreckt rechteckig ausgebildet ist.
19. Vorrichtung nach Ansprüche 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysekammer die Form eines kanalartigen, überwiegend horizontal ausgerichteten Ofenschachtes (40) aufweist, der über wenigstens einen wesentlichen Teil seiner Umfangsfläche von einem Heizmantel (54) umgriffen ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorverdichtungseinrichtung am Eintragsende (41) des Ofenschachtes (40) eine alternierend betätigbare, senkrecht gegeneinander arbeitende, doppelte Schustempeleinrichtung, bestehend aus Verdichter (52) und Schubstempel (53), ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der sich in gasdichter Abdichtung (48) an das Austragsende (42) der liegend langgestreckten Pyrolysekammer anschließende Schmelzbadbehälter (44) unterhalb des Ofenschachtes (40) angeordnet ist.
22. Vorrichtung nach den Ansprüchen 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß den Pyrolysekammerquerschnitt am Eintrags- und/oder am Austragsende (41,42) für das Entsorgungs- bzw. Pyrolysegut regelnde Querschnittsdosierer (55, 56) vorgesehen sind.
23. Vorrichtung nach den Ansprüchen 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Pyrolysekammer rechteckig ausgebildet ist.

Revendications

1. Procédé pour l'utilisation énergétique et matérielle de déchets tels que les déchets industriels, les déchets spéciaux et les déchets domestiques et d'épaves de biens industriels de compositions diverses, au cours duquel des produits générés par pyrolyse sont soumis directement, sans refroidissement intermédiaire, à des températures élevées auxquelles les produits de pyrolyse sont gazéifiés avec dissociation d'au moins une partie de la vapeur d'eau entraînée, les constituants sous forme gazeuse de la totalité des produits de pyrolyse étant dissociés en composants à basse molécularité et sont également gazéifiés, tandis que les constituants métalliques et minéraux de la totalité résiduelle sont fondus et séparés, caractérisé en ce que les déchets subissent un compactage jusqu'à une fraction de leur volume d'origine tout en maintenant la structure de leur mélange et de leur combinaison et sont soumis à une pyrolyse en conservant leur état compacté, un contact de compression constant étant maintenu entre le produit de pyrolyse et les parois de la chambre.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'application des hautes températures s'effectue sous apport d'oxygène de telle sorte que le dioxyde de carbone issu de la réaction exothermique du carbone sous l'effet de l'oxygène est transformé en monoxyde de carbone selon la réaction de Boudouard et qu'alors des températures supérieures à 1500°C agissent sur la totalité des produits de réaction.
3. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les déchets sont d'abord compactés en paquets adaptés géométriquement à un moule de géométrie sensiblement identique, en ce que les déchets ainsi compactés sont introduits et recompressés à l'intérieur d'un tel moule à l'aide d'un dispositif de bourrage et en ce que lesdits déchets sont ensuite, dans cet état compacté, soumis à la pyrolyse.
4. Procédé de pyrolyse pour le dégazage de substances organiques, par exemple les ordures ménagères ou industrielles et analogues, à l'intérieur d'une chambre de pyrolyse chauffante, caractérisé en ce que le produit de pyrolyse est introduit sous forme compacte dans ladite chambre de pyrolyse et parcourt cette dernière, en conservant son état compacté, sur la section transversale de la chambre, en ce que l'apport de chaleur au produit de pyrolyse s'effectue par les parois de la chambre en contact de compression avec le produit de pyrolyse compacté et en ce que les

produits de pyrolyse sous forme gazeuse générés sont évacués sous une pression accrue.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la chambre de pyrolyse est fermée, dans la zone d'alimentation, par les produits de pyrolyse compactés et en ce que dans la zone d'évacuation des produits de pyrolyse sous forme gazeuse, ladite chambre offre une résistance accrue aux flux à la suite du compactage complémentaire des produits résiduels solides de la pyrolyse.
6. Procédé selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que les résidus solides de pyrolyse sont recompressés avant leur expulsion.
7. Procédé selon les revendications 4 à 6, caractérisé en ce que le produit de pyrolyse est transporté à travers une chambre de pyrolyse de forme tubulaire, c'est-à-dire réalisée à la manière d'un canal.
8. Procédé selon les revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'arrivée du produit de pyrolyse, son compactage et son parcours à travers la chambre de pyrolyse s'effectuent de manière intermittente.
9. Procédé selon les revendications 1 et 6, caractérisé en ce que les produits de pyrolyse, solides, liquides et/ou gazeux, qui contiennent des substances nocives, sont transportés à travers plusieurs bains de fusion, lesquels sont maintenus à des températures différentes et/ou présentent des compositions différentes.
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que les produits du procédé passent à travers des bains de fusion à températures dégressives, de telle sorte qu'au cours du cycle, chaque bain est à une température supérieure à celle du bain précédent.
11. Procédé selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le traitement thermique des déchets restant à l'état compacté dans le moule s'effectue dans un four à marche continue à l'intérieur duquel circulent une pluralité de moules.
12. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 4 à 8, constitué d'un tube chauffant (1) sur lequel se trouve, du côté de l'alimentation, un dispositif de bourrage (2, 2') à effet de pré- et de post-compactage, d'au moins un dispositif d'échappement des gaz à proximité de l'orifice d'échappement de la chambre de pyrolyse, laquelle est reliée, du côté de la sortie et de

manière étanche aux gaz, à un récipient à bain de fusion (10).

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que le tube de pyrolyse (1) s'étend verticalement au-dessus du récipient (10) du bain de fusion. 5
14. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que le dispositif de bourrage (2) est un marteau pneumatique hydraulique ou fonctionnant sous l'effet de la gravité, un pointeau de bourrage (2') pénétrant dans l'orifice supérieur d'alimentation du tube de pyrolyse (1). 10
15. Dispositif selon au moins l'une des revendications 12 à 14, caractérisé par un dispositif d'alimentation constitué d'un autre dispositif de précompactage, par un tube de transport qui relie le dispositif de pré-compactage à un convoyeur transversal placé du côté de l'alimentation du tube de pyrolyse (1), et par un dispositif de propulsion pour le produit de pyrolyse pré-compacté. 20
16. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 et 11, caractérisé en ce que la chambre de pyrolyse est un four (23) à passage continu qui reçoit une pluralité de moules (21) contenant des déchets compactés. 25
17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que les moules (21) circulent de manière intermittente à travers le four (23) à passage continu. 30
18. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que le four (23) à passage continu, vu en perspective, est de forme rectangulaire étendu sur sa longueur. 35
19. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la chambre de pyrolyse a la forme d'un puits (40) du type canal orienté horizontalement, qui est entouré, sur au moins une grande partie de sa surface périphérique, d'une enveloppe chauffante (54). 40
20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que le dispositif de pré-compactage, à l'extrémité d'introduction (41) du puits (40) constituant le four, est un dispositif double à pistons de propulsion pouvant être actionnés en alternance, fonctionnant verticalement en directions opposées, dispositif constitué de compacteurs (52) et de pistons de propulsion (53). 45
21. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que le récipient (44) pour bain de fusion fai-

sant suite, avec un joint étanche aux gaz (48), à l'extrémité d'expulsion (42) de la chambre de pyrolyse horizontale étendue sur sa longueur, est disposé sous le puits (40) faisant office de four.

22. Dispositif selon les revendications 19 à 21, caractérisé en ce que, sur la section transversale de la chambre de pyrolyse, à l'extrémité d'entrée et/ou de sortie (41, 42), sont prévus des doseurs (55, 56) de régulation de la section transversale pour les déchets ou le produit de pyrolyse.
23. Dispositif selon les revendications 19 à 22, caractérisé en ce que la section transversale de la chambre de pyrolyse est de forme rectangulaire.

Claims

1. Process for energetic and material utilization of waste, such as industrial, special and domestic waste and spoils of industrial goods of different composition, wherein developed pyrolysis products are directly and without intermediate cooling subjected to a high-temperature charge, wherein the pyrolysis products are gasified whilst splitting at least a portion of the included water vapours and the gaseous constituents of the entirety of the pyrolysis products is broken down into low-molecular components and also gasified and the metallic and mineral components of the residual mass is melted out and separated, **characterised in that** the waste is compressed to a fraction of its original volume whilst maintaining its mixture and composite structure, and subjected to a pyrolysis whilst maintaining its compressed state, and that a permanent pressure contact between the pyrolysis materials and the chamber walls is maintained.
2. Process according to claim 1, **characterised in that** the high-temperature charge is carried out by adding oxygen in such a manner that the carbon dioxide from the exothermal reaction of the carbon to oxygen is converted by Boudouardian reaction into carbon monoxide and that thereby temperatures of more than 1,500°C act on the reaction products.
3. Process according to claim 1 and claim 2, **characterised in that** the waste is initially compacted into packets of virtually equal geometry, which are geometrically matched to a form of container, that a thus compacted waste is condensed into containers of said type by means of a stuffing device, and that the waste is in this compressed state subsequently pyrolysed.

4. Pyrolysis process for degassing organic substances, for example domestic and industrial waste and the like, in a heated pyrolysis chamber, **characterised in that** the pyrolysis goods are fed into the pyrolysis chamber whilst being compressed, and that it passes through it via the cross-section of the chamber whilst maintaining its compressed state, that the heat supply to the pyrolysis goods is by means of the chamber walls which are in pressure contact with the compressed pyrolysis material, and that the developing gaseous pyrolysis products are discharged under increased pressure. 5
5. Process according to claim 4, **characterised in that** the pyrolysis chamber is in its feed area sealed gastight by the compressed pyrolysis material, and that it has in the discharge area of the gaseous pyrolysis products an increased flow resistance due to after-compression of the solid pyrolysis residue. 10
6. Process according to claims 4 and 5, **characterised in that** the solid pyrolysis residue is after-compressed prior to being discharged. 15
7. Process according to claims 4 to 6, **characterised in that** the pyrolysis material is conveyed through a tubular or channelized pyrolysis chamber. 20
8. Process according to claims 6 and 7, **characterised in that** the delivery of the pyrolysis material, its compression and its passage through the pyrolysis chamber are carried out intermittently. 25
9. Process according to claims 1 and 6, **characterised in that** solid, liquid and/or gaseous processed products, which contain harmful substances, are passed through a plurality of melting baths which are maintained at different temperature values and/or offer different compositions. 30
10. Process according to claim 9, **characterised in that** the processed products are passed through melting baths of reducing temperature values, so that the temperature of a respective previous bath is higher than that of the next bath in the course of the process. 35
11. Process according to claim 1 to 3, **characterised in that** the heat treatment of the waste material which remains in its compressed state in the vessel, is carried out in a continuous-flow furnace wherein a plurality of vessels is circulated. 40
12. Apparatus for carrying out the process according to claims 4 to 8, comprising a heatable pipe (1) having at the feed end a stuffing means (2, 2') which actively pre- and after-compresses, at least one gas outlet means near the discharge opening of the pyrolysis chamber which is at the outlet connected gastight to a melt-bath container (10). 45
13. Apparatus according to claim 12, **characterised by** a predominantly vertically oriented arrangement of the pyrolysis pipe (1) above the melt-bath container (10). 50
14. Apparatus according to claim 12, **characterised in that** the stuffing means (2) is a pneumatically, hydraulically, or gravity operated hammer, wherein a stuffing tappet (2') immerses into the top feed opening of the pyrolysis pipe (1). 55
15. Apparatus according to at least one of claims 12 to 14, **characterised by** feed device comprising an additional pre-compression means, a transporting pipe which connects the pre-compression means to a transverse conveyer at the feed side of the pyrolysis pipe (1), and of a push-through means for the pre-compressed pyrolysis material.
16. Apparatus for carrying out the process according to claims 1 and 11, **characterised in that** the pyrolysis chamber is a continuous furnace (23) which receives a plurality of containers (21) with compressed waste material.
17. Apparatus according to claim 16, **characterised in that** the containers (21) are intermittently circulated through the continuous furnace (23).
18. Apparatus according to claim 16, **characterised in that** the outline of the continuous furnace (23) is that of an elongated rectangle.
19. Apparatus according to claim 12, **characterised in that** the pyrolysis chamber has the shape of a channelized, predominantly horizontally oriented furnace shaft (40) which is, at least over a substantial portion of its peripheral surface, surrounded by a heating jacket (54).
20. Apparatus according to claim 19, **characterised in that** the pre-compression means at the feed end (41) of the furnace shaft (4) is a double thrust-punch arrangement, comprising a compression means (52) and a thrust punch (53) and which operates alternately and perpendicularly to one another.
21. Apparatus according to claim 19, **characterised in that** the melt-bath container (44), which ad-

joins in a gastight seal (48) the output end (42) of the elongatedly positioned pyrolysis chamber, is arranged below the furnace shaft (40).

5

- 22.** Apparatus according to claims 19 to 21, **characterised in that** cross-sectional apportioning means (55, 56) are provided for regulating the cross-section of the pyrolysis chamber at the fed and/or discharge end (41, 42) for the waste material, or the pyrolysis material respectively.

10

- 23.** Apparatus according to claims 19 to 22, **characterised in that** the cross-section of the pyrolysis chamber is arranged to be rectangular.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

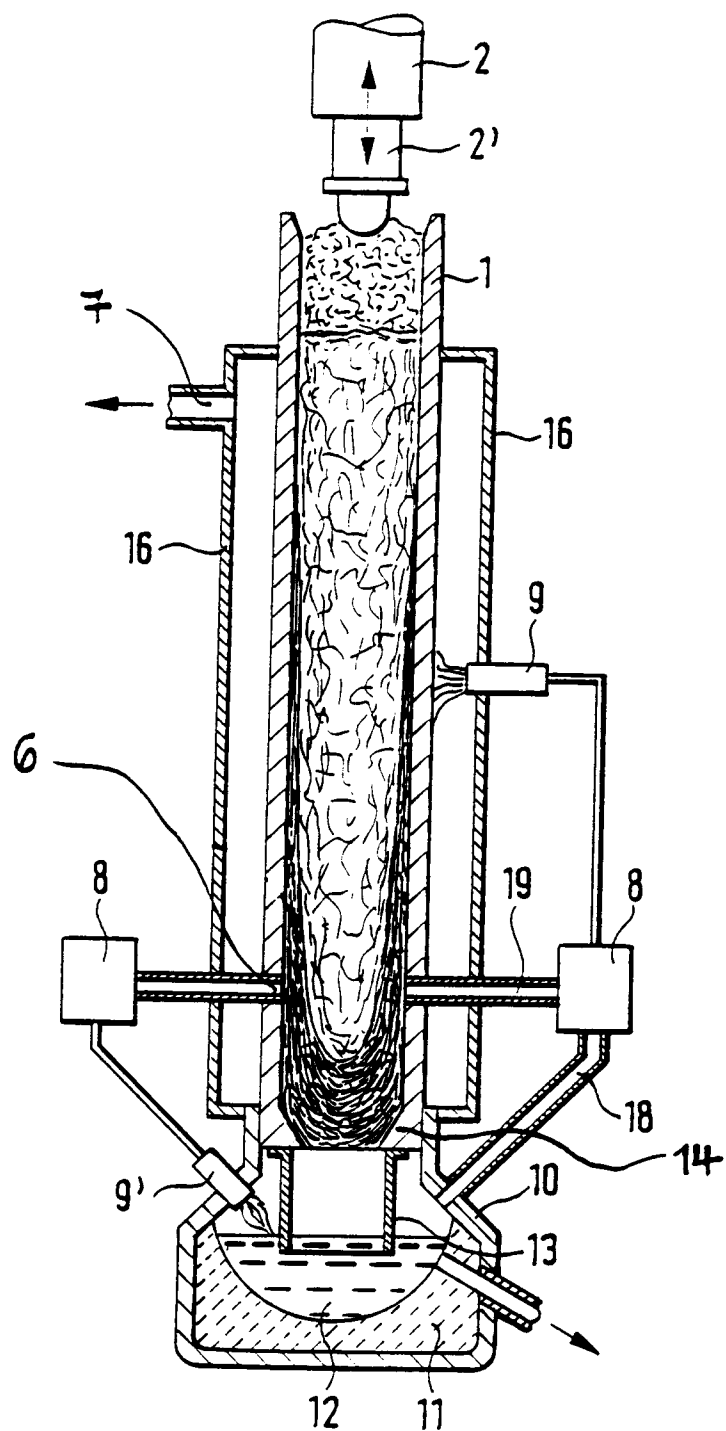


FIG. 1

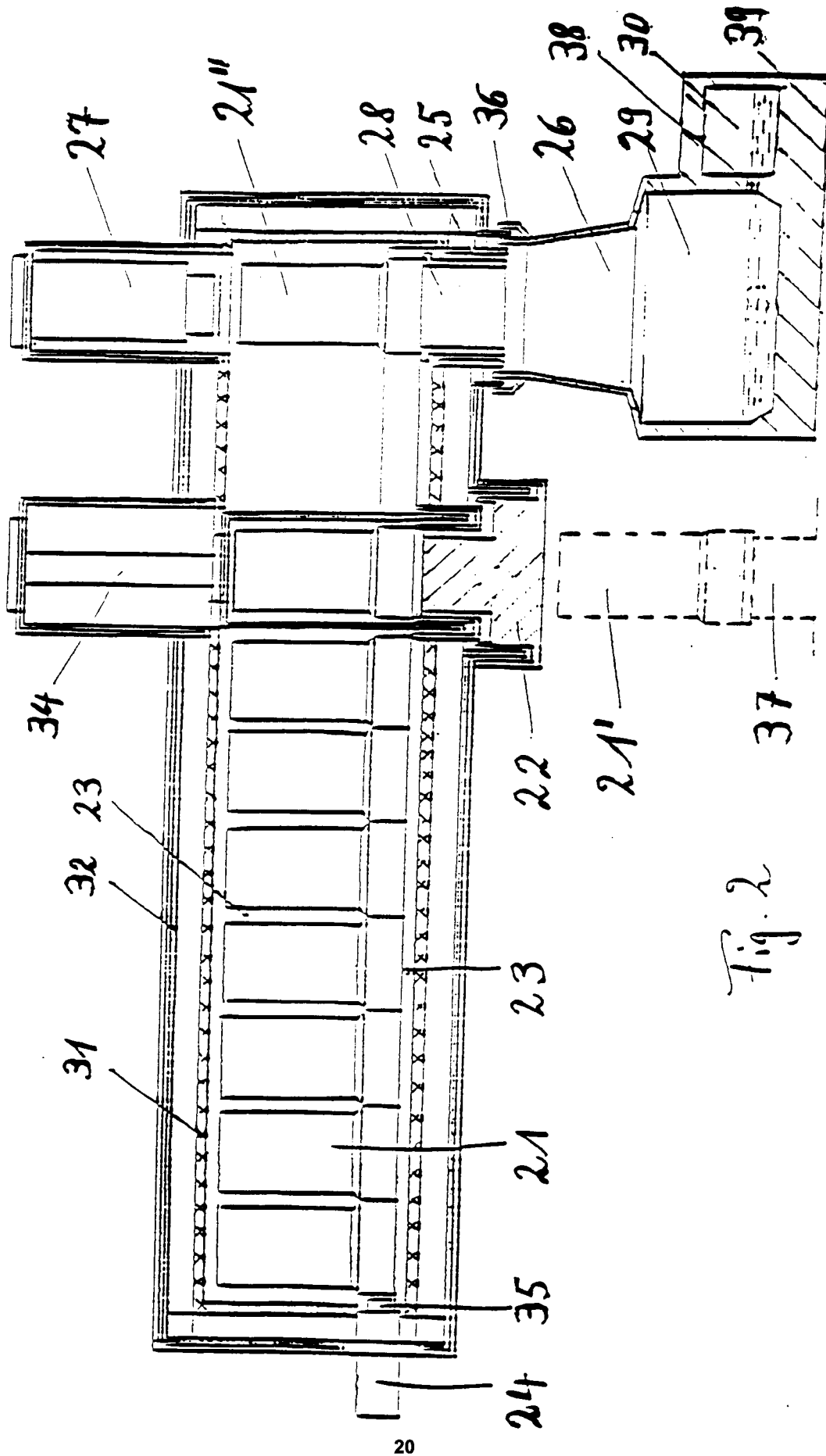


Fig. 2

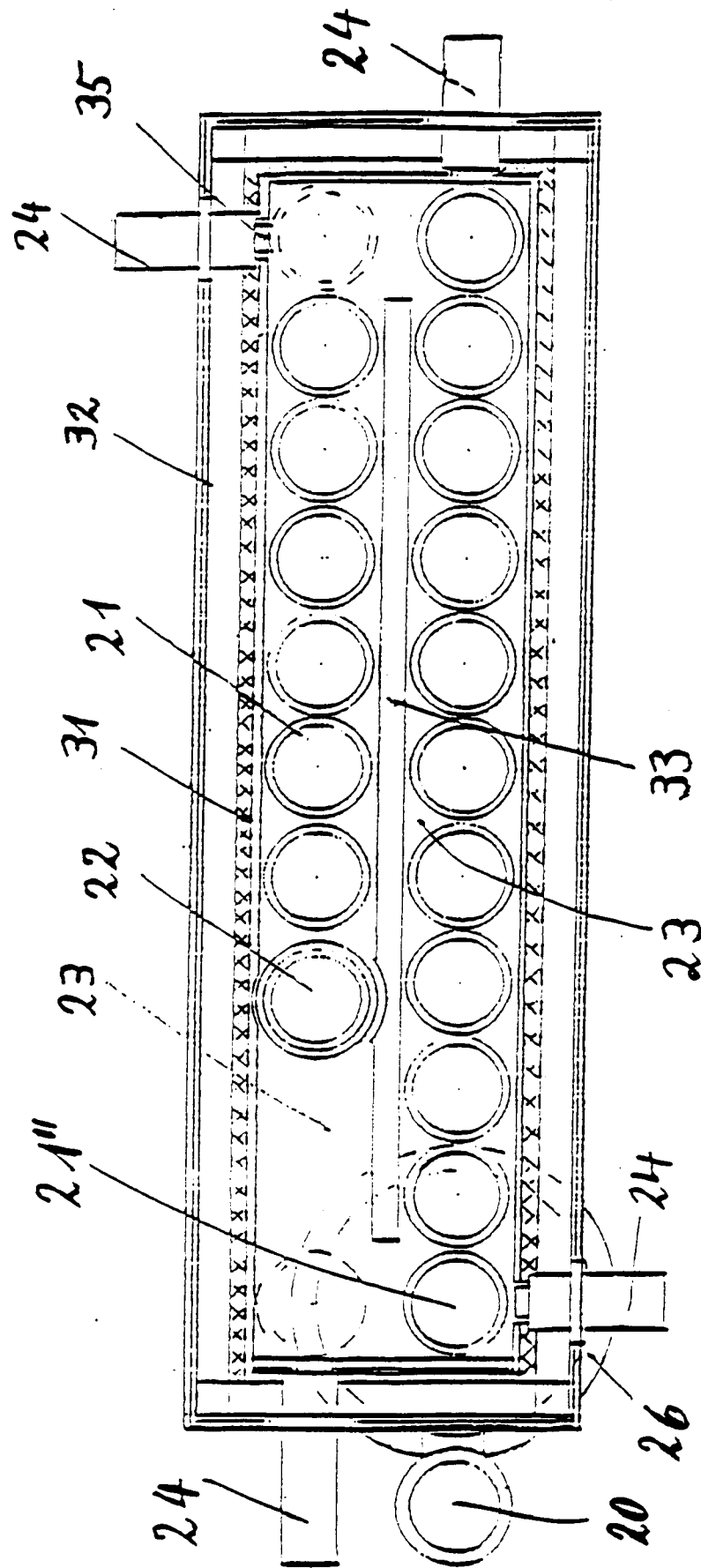
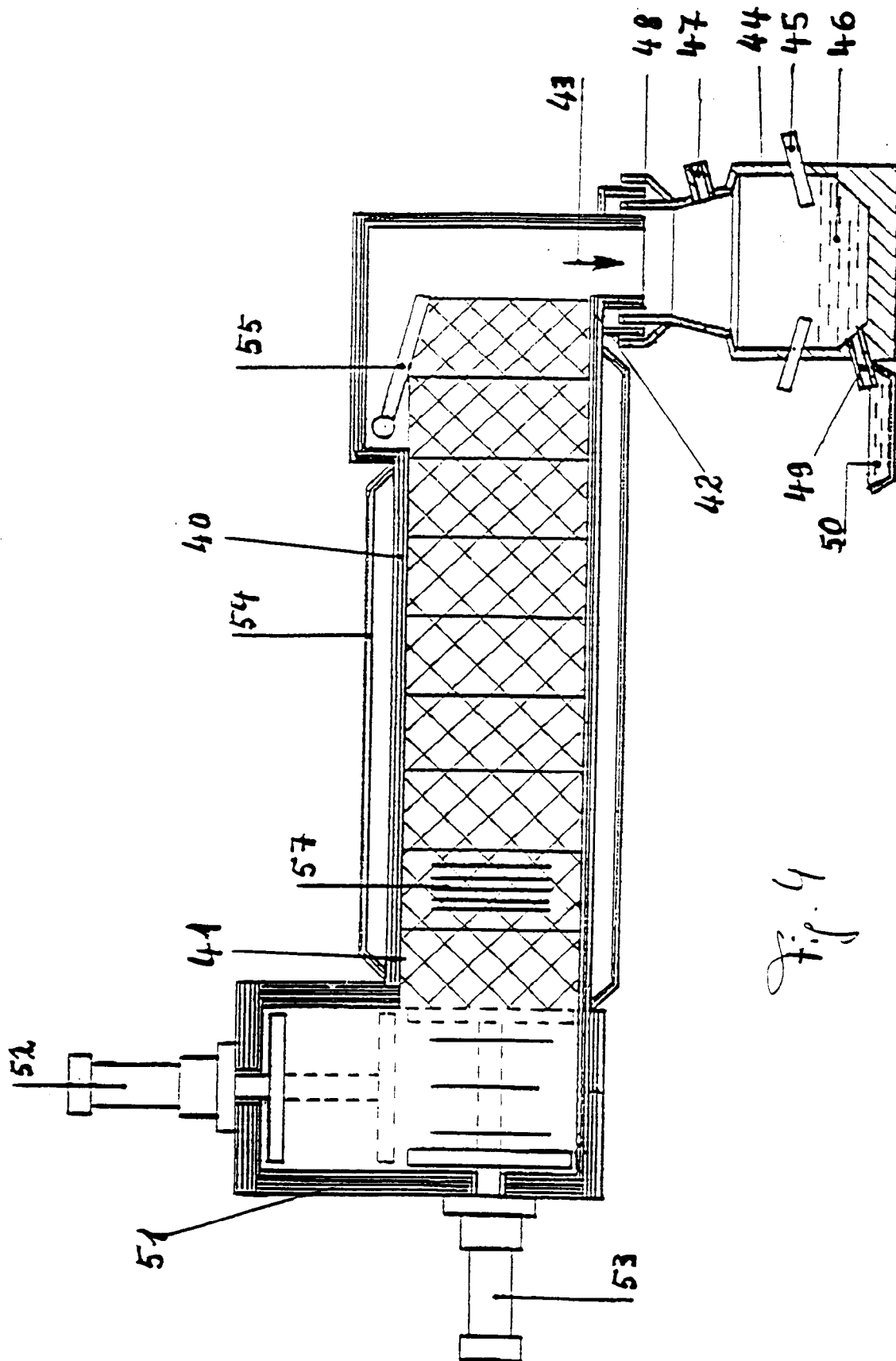


Fig. 3



4
J. J.

