



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 443 596 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91102603.7**

51 Int. Cl.⁵: **C10B 53/00**

22 Anmeldetag: **22.02.91**

30 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

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

71 Anmelder: **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
W-8000 München 2(DE)

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

57 Das Entsorgungsgut unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur auf einen Bruchteil seines ursprünglichen Volumens verdichtet, in dieser Form, falls erforderlich, zwischengelagert und transportiert und so verdichtet einer Pyrolyse unterzogen. Die Gesamtheit der unter erhöhtem Druck stehenden Pyrolyseprodukte wird nachfolgend unmittelbar einer Hochtemperaturbehandlung unterworfen. Das kompaktierte Entsorgungsgut kann in Behältnisse hineinverdichtet sein und wird einer Niedertemperatur-Druck-Pyrolyse unterzogen. Bei der umweltschonenden Aufbereitung von Verbrauchsgütern, wie Automobilwracks o.dgl., erfolgt ein großvolumiges Portionieren des Schrottgutes durch Zerteilen und/oder Stauchen vor dem intermittierenden Einbringen in die Pyrolysekammer. Die bei der Pyrolyse anfallenden, Schadstoffe enthaltenden, festen, flüssigen und/oder gasförmigen Verfahrensprodukte werden durch ein oder mehrere Schmelzbäder hindurchgeleitet bzw. in einem entsprechenden Hochtemperaturofen aufgeschmolzen. Die Pyrolysekammer kann aus einem beheizbaren Rohr oder rechteckigen Kanal bestehen oder aus einem Durchlaufofen, der eine Mehrzahl geeigneter Behältnisse mit verdichtetem Entsorgungsgut aufnimmt.

EP 0 443 596 A1

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Transportieren, Zwischenlagern und 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 besondere 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. Schachtofen, 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.

Entgasungsreaktoren, wie sie beispielsweise aus der AT-PS 1 15 725 und der AT-PS 3 63 577 bekannt sind, 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 Substanzen 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 Kohlenstaubs möglich ist. Eine thermische Nutzung der durch Kondensat belasteten Gase der Nieder temperaturpyrolyse 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 -kosten zu betrachten ist.

Bei der umweltschonenden Aufbereitung von Industriegüterwracks, bei denen das Schrottmisch 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 Ab-

fallgüter 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 nicht-ferromagnetischer 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 Aus-sortieren 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 Zersetzung-

produkte 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 Vor-klassierung 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 Glasbad mineralisierten Feststoffe, also die Verbrennungsgasche, 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 vorkomprimiert 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 nicht nur verbesserte Zwischenlager- und Transportbedingungen zu schaffen, sondern insbesondere auch seine energetische und stoffliche Verwendung neu zu gestalten und bei wesentlich verbessertem Wirkungsgrad der Verfahrensdurchführung mittels vereinfachter Vorrichtungsanlagen umweltschonend eine vollständige 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 un-

ter 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 störungsfähig 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 Netzhüllung 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 Hochtem-

peraturbehandlung 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, H₂). 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 Entga-

sungstemperaturen 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 vergrößern 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/dm³ 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 Durchströ-

mungseigenschaften, 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 luftpo-

renfreien Druckkontaktes mit der Wandung der Kammer.

Als vorteilhaftes Längen/Durchmesser Verhältnis 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 Pyrolyseproduk-

te selbst sind Vorteile des erfindungsgemäßen Pyrolyseverfahrens bezüglich der Erwärmung des Pyrolysegutes gegenüber dem bisherigen Stand der Technik. Durch die Pyrolyse selbst wird die Wärmeleitfähigkeit des Pyrolysegutes 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 kohlenstoffreichen Reststoffe im verdichteten bzw. nachverdichteten Zustand sehr viel bessere Wärmeleitung besitzen als das ursprüngliche Pyrolysegut. Erfindungsgemäßer Verdichtungszustand von Pyrolysegut und Reststoffen sowie der ständige Druckkontakt des Pyrolysegutes mit den Kammerwänden minimieren nicht nur die notwendigen Abmessungen der Pyrolysekammer, sie verkürzen auch die notwendige Pyrolysezeit erheblich.

Bei der Aufbereitung von Industriegüterwracks, wie beispielsweise Personenkraftwagen, Kühlschränken, Waschmaschinen u.dgl., entstehen durch ein großvolumiges Portionieren des Schrottgutes, durch Zerteilen und/oder Stauchen unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur gut handhabungsfähige Schrottpakete bei minimalem Aufbereitungsaufwand. Insbesondere durch Stauchen der Industriegüterwracks ist es möglich, Schrottpakete näherungsweise einheitlicher Außenabmessung zu erhalten, was ihre Handhabung in der Pyrolysekammer 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 intermittierend arbeitender Ein- und Ausbringungseinrichtungen des Schrottgutes.

Insbesondere bei der Anwendung des Verfahrens auf zu verschrottende Fahrzeuge kann es zweckmäßig sein, das großvolumige Portionieren des Schrottes durch strukturloses Zerteilen in relativ große Wrackabschnitte vorzunehmen. Auf diese Weise läßt sich die Größe der Pyrolyseportionen begrenzen. Das Zerteilen kann sowohl mit Hilfe von Reißgreifern erfolgen als auch durch andere Schneid- oder Trennverfahren. Ein Nachstauchen der so gewonnenen Wrackabschnitte auf vorgegebene Abmessungen kann zur Vereinfachung der Handhabung zweckmäßig sein.

Die Nachverbrennung der Pyrolysegase kann beim erfindungsgemäßen Verfahren in einem gesonderten Teil der Pyrolysekammer erfolgen, was den Vorteil hat, daß ein Teil der Verbrennungswärme direkt zum Aufrechterhalten der Pyrolyse genutzt werden kann. Häufig wird es jedoch zweckmäßig sein, die schadstoffarme Nachverbrennung in einer gesonderten Nachverbrennungskammer zu

vollziehen. In diesem Falle lassen sich die Verbrennungsbedingungen definierter kontrollieren, wodurch hohe Schadstofffreiheit der Abgase gewährleistet werden kann.

5 Eine Handhabungserleichterung - und damit eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens - kann darin bestehen, daß der Mischschrott in Sammelcontainern zusammengefaßt die Pyrolysekammer durchläuft. Besonders dann, wenn unterschiedliche Konsumgüterwracks verwendet werden, deren Außenabmessungen sehr unterschiedlich sind, ist ein derartiges Vorgehen zweckmäßig.

10 Die Temperatur der Pyrolysekammer wird zweckmäßigerweise so geregelt, daß bei vollständiger Entgasung und zumindest teilweiser Vergasung der pyrolysefähigen Bestandteile des Schrottes die Schmelztemperatur der Schlackerückstände nicht erreicht wird. Diese Vorgehensweise hat Vorteile: Die Pyrolyserückstände schmelzen nicht auf die metallischen Bestandteile des Schrottes auf und können leicht separiert werden, und die noch nicht mineralisierten (aufgeschmolzenen) Pyrolyserückstände enthalten noch in poriger Form, d.h. mit großer aktiver Oberfläche, absorptionsfähigen Kohlenstoff zur Schadstoffbindung.

15 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 %. Sowohl aus Gründen der Entsorgung einer Region als auch aus energetischen Gründen kann es daher zweckmäßig sein, dem Mischschrott Abfall mit höherem Brennwert zuzumischen. Dies kann in einfacher Form dadurch geschehen, daß die Konsumwracks selbst als "Container" benutzt werden, indem ihre verbleibenden Hohlräume teilweise mit diesem Abfall gefüllt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Zusatzabfall zusammen mit den portionierten Wracks zunächst in die genannten Behälter hineinzuverdichten und nachfolgend in die Pyrolysekammer zu schicken. Eine weitere Möglichkeit, das erfindungsgemäße Verfahren fortzuentwickeln, besteht darin, daß einer Nachverbrennung mehrere Pyrolysekammern zugeordnet sind. Insbesondere dann, wenn gesonderte Nachverbrennungskammern vorgesehen sind, bringt diese Möglichkeit Vorteile, wenn die Beschickung der Pyrolysekammern derart zeitversetzt erfolgt, daß die Summe der Gasentwicklungen näherungsweise konstant gehalten werden kann.

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

25 Erfindungsgemäß werden daher bei einer bevorzugten Ausführungsform die bei der Pyrolyse anfallenden, die Schadstoffe enthaltenden, festen,

flüssigen und/oder gasförmigen Verfahrensprodukte in ein oder durch mehrere Schmelzbäder, die auf unterschiedlichen Temperaturwerten gehalten werden und/oder unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen, hindurchgeleitet. Dadurch, daß die schadstoffhaltigen 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 Vorrichtungs Aufbau 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 Aufnah-

mekapazität 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 derzeit 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 Auflockern 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 auf Dichten von zum Teil mehr als 2 g/m³ 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 vorgesehen 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-/Durchmesserverhältnis von größer als 1:10. Bei Rohren dieser Geometrie läßt sich besonders vorteilhaft die Vorschubgeschwindigkeit des Pyrolysegutes dem Verdichtungszustand 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 Mündung des Pyrolyserohres ins Freie sicher unterbindet und der sich ständig selbst erneuert. Das ist ein wesentlicher Vorteil, da gasdichte Beschickungsschleusen, die bei Pyrolyseeinrichtungen sich als störanfällig erwiesen haben, vollständig überflüssig werden. Die Abgase der Gasbrenner 9 werden im Mantel 16 gesammelt und durch einen Auslaß 7 einem Abgaskamin zugeführt, gegebenenfalls über eine Filteranlage. 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 Regeleinrichtung 8 zur Verteilung zugeführt. In Fig. 1 nicht dargestellt ist die vorteilhafte Möglichkeit, die Verbrennungsluft für den Betrieb der Gasbrenner vorzuwärmen, beispielsweise durch Führung längs der Außenflächen des Heizmantels 16, und/oder die Verbrennungsluft mit Sauerstoff anzureichern. Die mit diesen Maßnahmen verbundene Erhöhung der Flammtemperatur der Brenner garantiert die Zersetzung organischer 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 verbleibenden Feststoffe der Pyrolyse nachverdichtet werden, wodurch auch der Auslaßbereich des Pyrolyserohres 1 gegen Gasaustritt abgedichtet wird. Der mit dieser Nachverdichtung verbundene Rückstau 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 feuerfesten, 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 Schmelzbades gerichtet sind. Ihre Wirkung kann mittels einer in Fig. 1 nicht dargestellten regelbaren Sauerstoffzufuhr unterstützt werden. Mit Hilfe der Sauerstoffzufuhr können kohlenstoffhaltige

Pyrolysereststoffe vollständig nachverbrannt werden, wodurch einmal die Menge der festen Reststoffe reduziert wird, zum anderen aber auch dem Schmelzbad Wärmeenergie zusätzlich zugeführt wird. Eine Sauerstoffzufuhr ist auch durch Sauerstoffüberschuß im Brenngas der Brenner 9' möglich. Die hohe Schmelzbadtemperatur führt zu einer Mineralisierung der Pyrolyserückstände. Die mineralisierte Schlacke garantiert eine auslaugungsfeste 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 Eigenschaften des Schmelzbadbes 12 im Schmelzbadbehälter 10 können durch Zuschlagsstoffe verbessert werden, die dem Pyrolysegut vor seiner Einbringung in das Pyrolyserohr 1 beigefügt werden. Zuschläge von Kalk oder Dolomit erwirken sowohl eine Schadstoffbindung 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 nachgeordnet, das den Übertritt von Stäuben der Pyrolysereststoffe in den Gasraum des Schmelzbadbehälters 10 verhindert und die unmittelbare Einleitung der Reststoffe in die Schmelze sichert. Die Abgase des Schmelzbadbehälters 10 werden durch eine Abgasleitung 18 in die Pyrolysegase rückgeführt. Ihr möglicher Schadstoffgehalt wird durch die Nachverbrennung in dem Gasbrenner 9 bzw. 9' unschädlich gemacht. Die mit der Gasrückführung verbundene mögliche Minderung der Brennwerte der Pyrolysegase wird durch die höhere Temperatur der Abgase des Schmelzbadbehälters 10 weitgehend kompensiert.

Die hohe Temperatur des Schmelzbadbes für die Pyrolyserückstände ermöglicht nicht nur eine effektive Schadstoffeinbindung durch Mineralisierung, sie bietet auch die Möglichkeit, wertvolle Inhaltsstoffe des Pyrolysegutes zu separieren. Wählt man beispielsweise die Temperatur des Schmelzbadbes 12 größer als die Schmelztemperatur von Stahl, so lassen sich mineralisierbare Leichtstoffe, die auf den geschmolzenen Stahl aufschwimmen, durch mehrere Überläufe in unterschiedlichen Höhen des Schmelzbadbehälters fraktioniert ausbringen. Durch die Separierung recyclingfähiger Metalle verringert sich zusätzlich nicht nur der dann noch benötigte Deponieraum, sondern die Effektivität des Verfahrens wird weiter erhöht.

Die Arbeitsweise der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung ist folgende: Durch die periodische Stopfbewegung 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 wartungsfreie 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 Durchschub wächst die Dicke der pyrolysierten Ringzone von der Rohrwandung nach innen an, so daß kurz vor dem Auslaßbereich, etwa in Höhe der Auslaßbohrungen 6 für das Pyrolysegas, das Pyrolysegut vollständig durchpyrolysiert ist. Die verbleibenden festen Reststoffe der Pyrolyse fallen schließlich bei fortschreitendem 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 verdichteter 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 zwischenlagern 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 Schubvorrich-

tungen 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 entleerenden 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 Einschmelzvergasers, 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 fraktioniert erfolgende Abstich 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 Energieerzeu-

gung 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 Offenschacht 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 Querschnittsdosierers 55 geregelt werden, wobei der ausgangsseitige Querschnittsdosierer 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 ff-Ausmauerung versehene Schmelzbadbehälter 44 nimmt in sei-

nem 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.

15 Patentansprüche

1. Verfahren zum Zwischenlagern, Transportieren und/oder energetischen sowie stofflichen Verwerten von Industrie-, Sonder- und Hausabfall und von Industriegüterwracks unterschiedlicher Zusammensetzung und dergleichen Entsorgungsgut aller Art,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Entsorgungsgut unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur auf einen Bruchteil seines ursprünglichen Volumens verdichtet und in verdichteter Form einer Pyrolyse unterzogen wird, daß die Gesamtheit der unter erhöhtem Druck stehenden Pyrolyseprodukte unmittelbar ohne Zwischenabkühlung einer Hochtemperaturbeaufschlagung unterworfen wird, bei der die verdichteten Kohlenstoffanteile der Pyrolyseprodukte unter Spaltung zumindest eines Teils des mitgeführten Wasserdampfes vergast und die gasförmigen Bestandteile aus der Gesamtheit der Pyrolyseprodukte in niedermolekulare Komponenten gespalten und gleichfalls vergast werden, und daß schließlich die metallischen und mineralischen Bestandteile aus der verbleibenden Gesamtheit ausgeschmolzen und separiert werden.

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 Boudouard'schen 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 näherungs-

- weise 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. Prolyseverfahren 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.
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.
9. Verfahren zur umweltschonenden Aufbereitung von zu verschrottenden Verbrauchs- und Industriegütern, wie Automobilwracks o.dgl. nach den Ansprüchen 1 und 4, **gekennzeichnet durch** die folgenden Verfahrensschritte:
- a) großvolumiges Portionieren des Schrottgutes durch Zerteilen und/oder Stauchen (Pressen) unter Beibehaltung seiner Misch- und Verbundstruktur;
 - b) intermittierendes Einbringen des großteilig zerlegten Schrottes in eine Pyrolysekammer (Schwelofen);
- c) thermisches Aufbereiten des Pyrolysekammerinhaltes bis zur vollständigen Entgasung und zumindest teilweisen Vergasung der kohlenstoffhaltigen organischen Komponenten.
10. Verfahren nach den Ansprüchen 1, 6 und 9, 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.
11. Verfahren nach Anspruch 10, 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.
12. 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.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pyrolysekammer aus einem beheizbaren Rohr (1) besteht, mit einer Vorverdichtungseinrichtung an seiner Beschickungsseite, einer das vorverdichtete Pyrolysegut unter Nachverdichtung in die Pyrolysekammer einbringenden Stopfeinrichtung (2, 2'), mindestens einer Gasauslaßeinrichtung (6) in der Nähe der Auslaßöffnung der Pyrolysekammer und mit einem der Pyrolysekammer austrittsseitig unmittelbar nachgeordneten und mit dieser gasdicht verbundenen Schmelzbadbehälter (10).
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine überwiegend vertikal ausgerichtete Anordnung des Pyrolyserohres (1) oberhalb des Schmelzbadbehälters (10).
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, 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.

16. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 15, 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. 5
17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysekammer ein Durchlaufofen (23) ist, der eine Mehrzahl von Behältnissen (21) mit verdichtetem Entsorgungsgut aufnimmt. 10
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Behältnisse (21) intermittierend im Kreislauf durch den Durchlaufofen (23) hindurchbewegt sind. 15
19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchlaufofen (23) im Grundriß langgestreckt rechteckig ausgebildet ist. 20
20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 4 bis 7, 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. 25
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, 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. 30
22. Vorrichtung nach Anspruch 20, 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. 35
23. Vorrichtung nach den Ansprüchen 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß den Pyrolysekammerquerschnitt am Eintrags- und/oder am Austragsende (41,42) für das Entsorgungsbzw. Pyrolysegut regelnde Querschnittdosierer (55, 56) vorgesehen sind. 40
24. Vorrichtung nach den Ansprüchen 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Pyrolysekammer rechteckig ausgebildet ist. 45

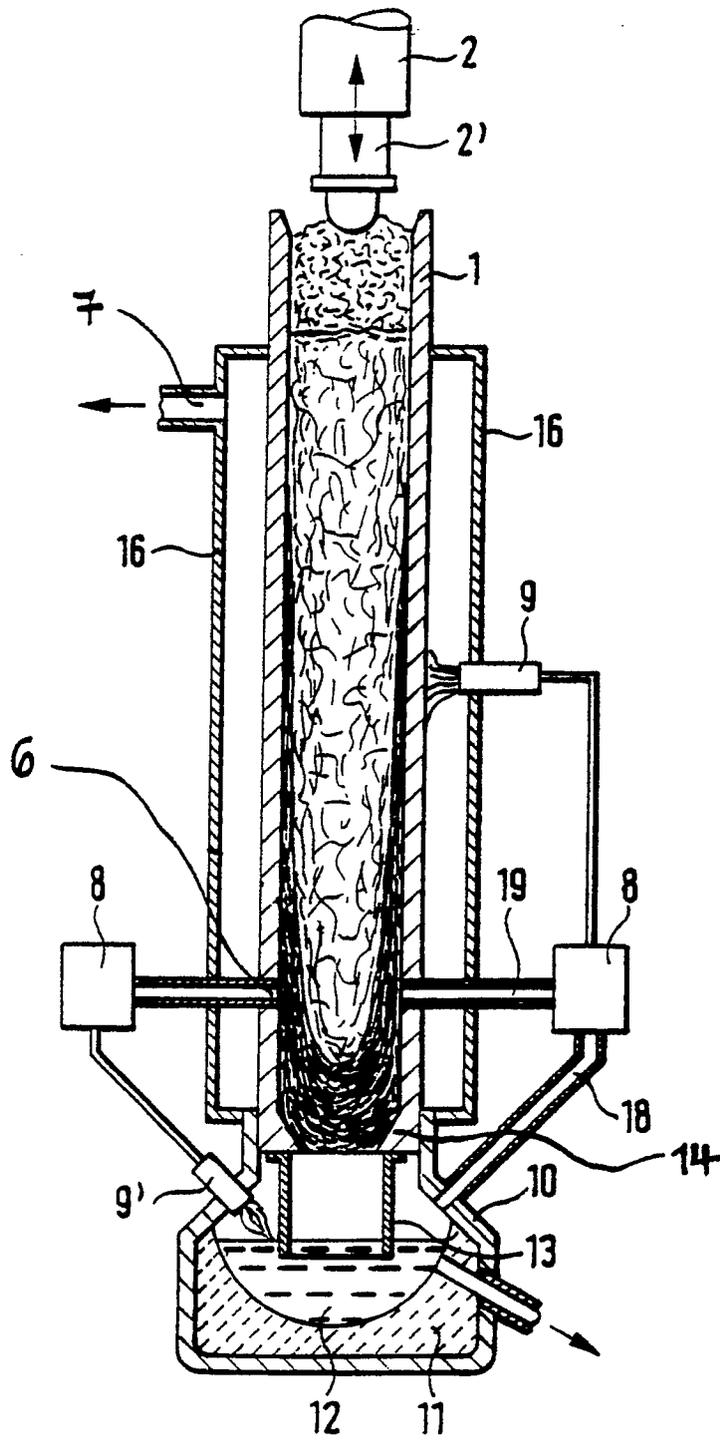


FIG. 1

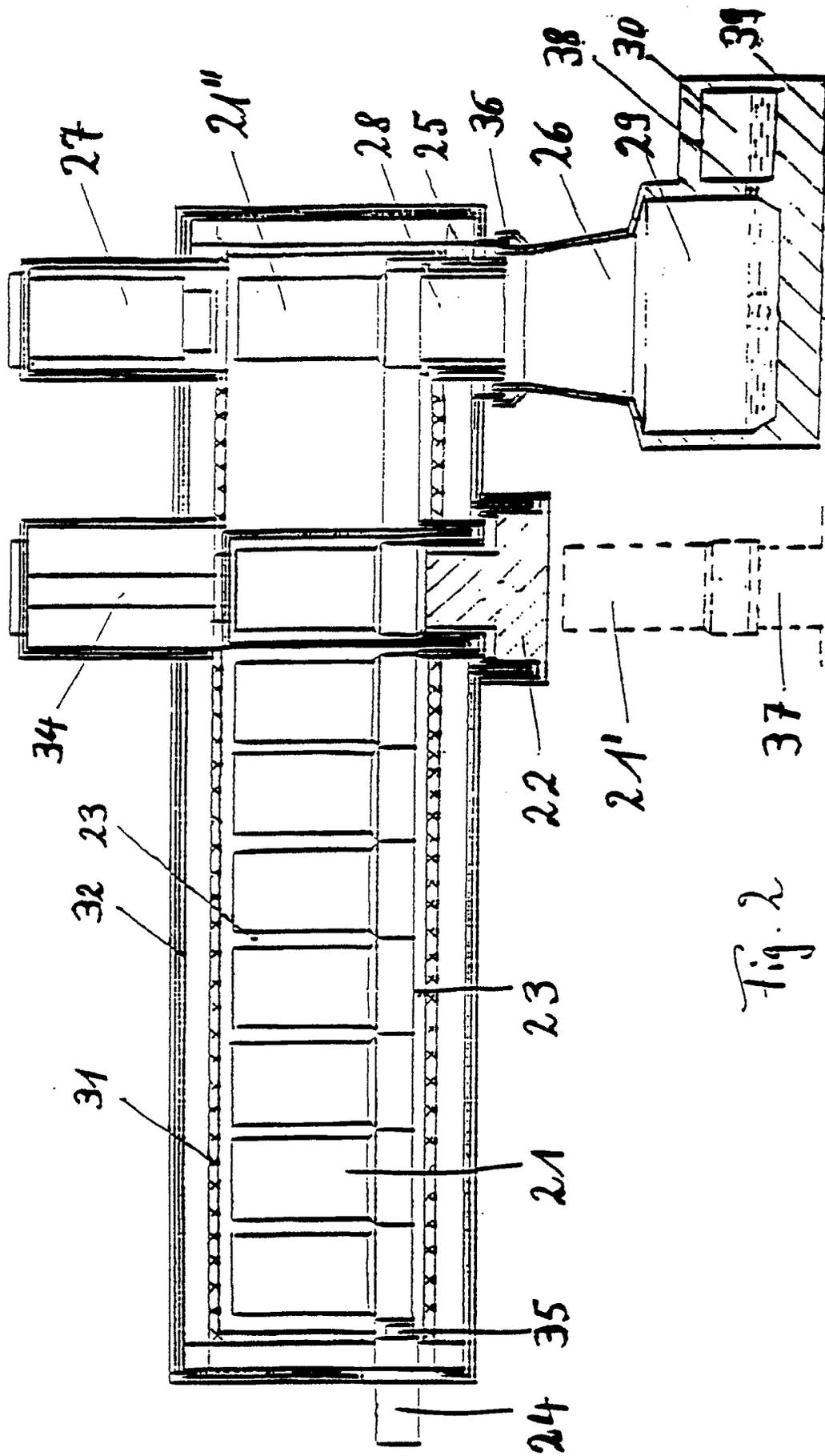


Fig. 2

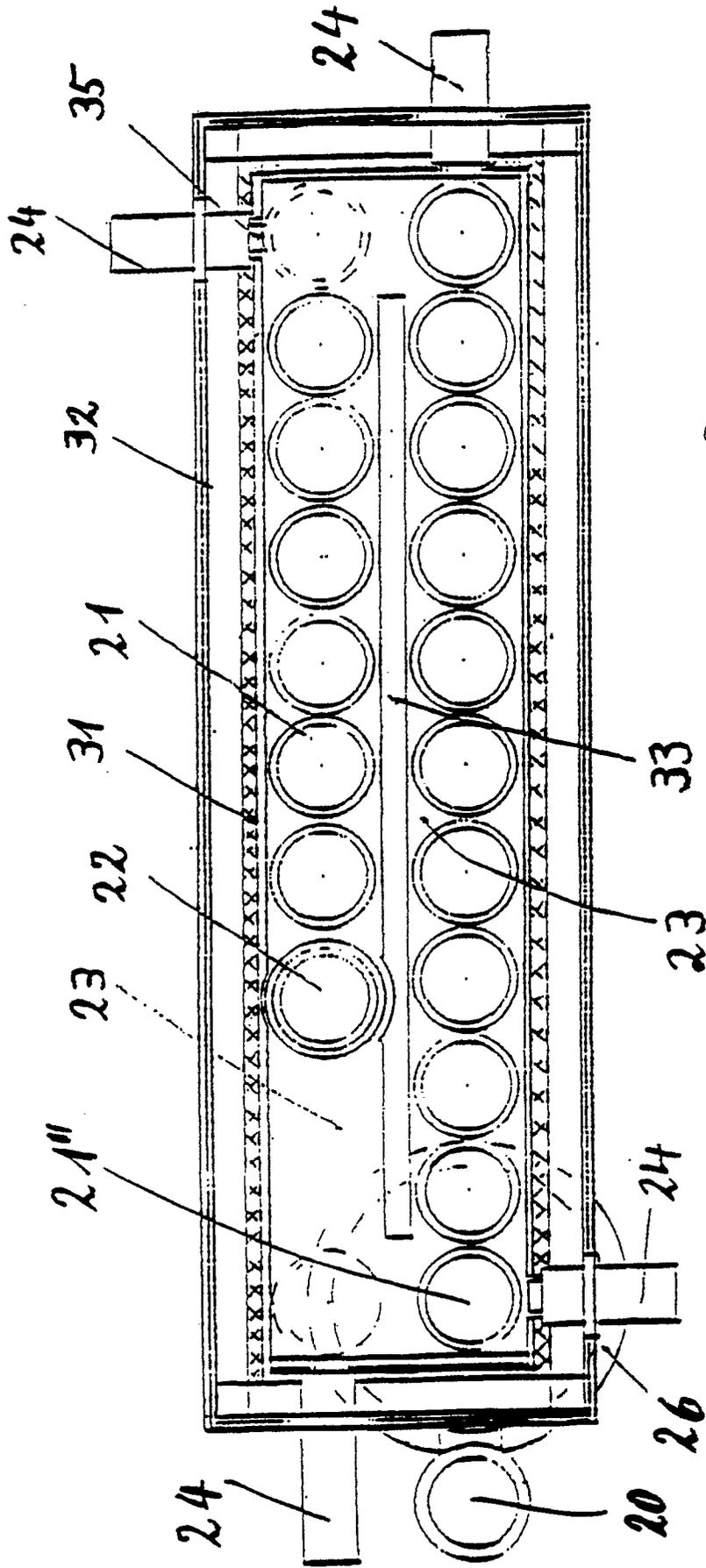


Fig. 3

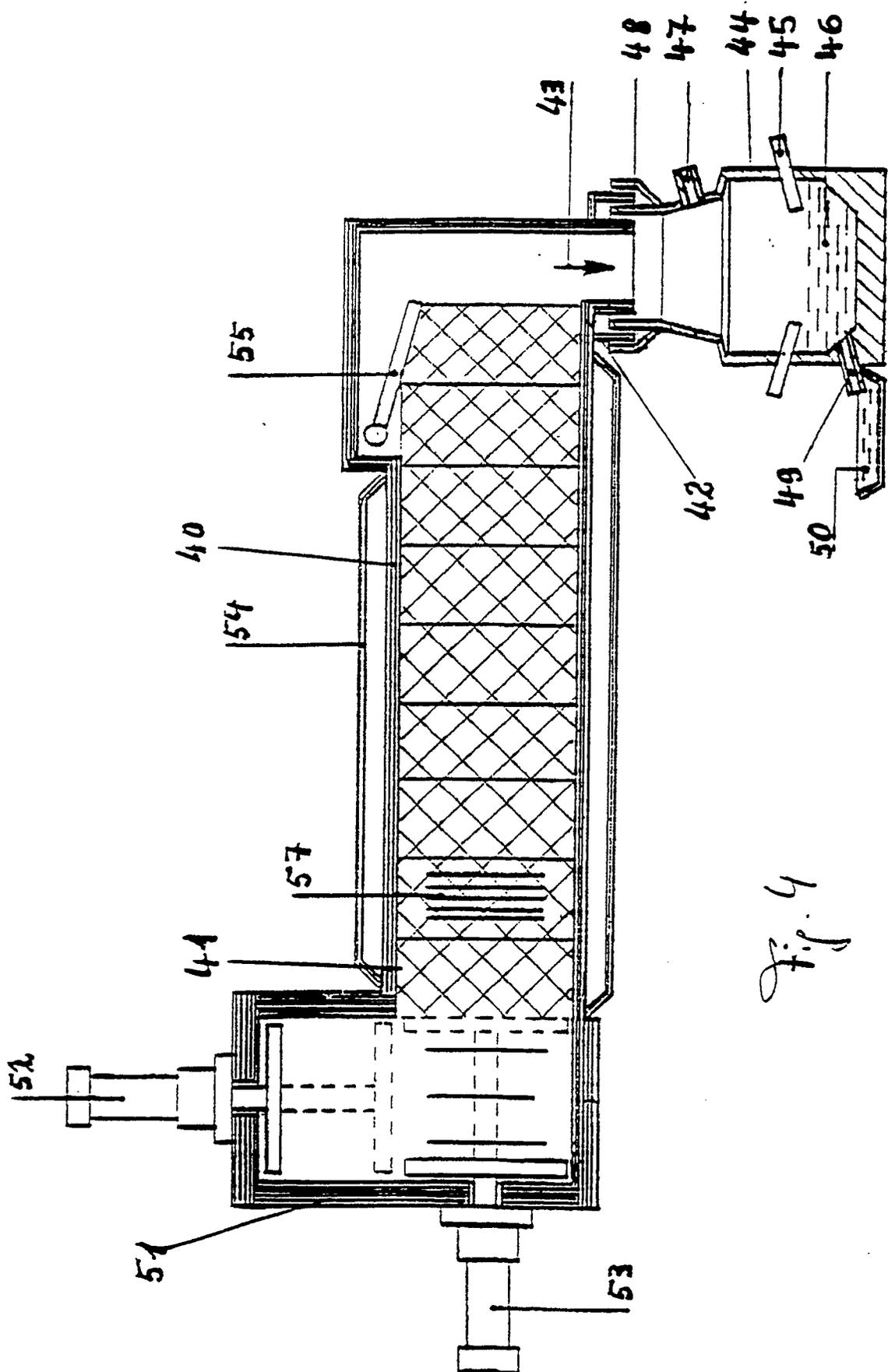


Fig. 4

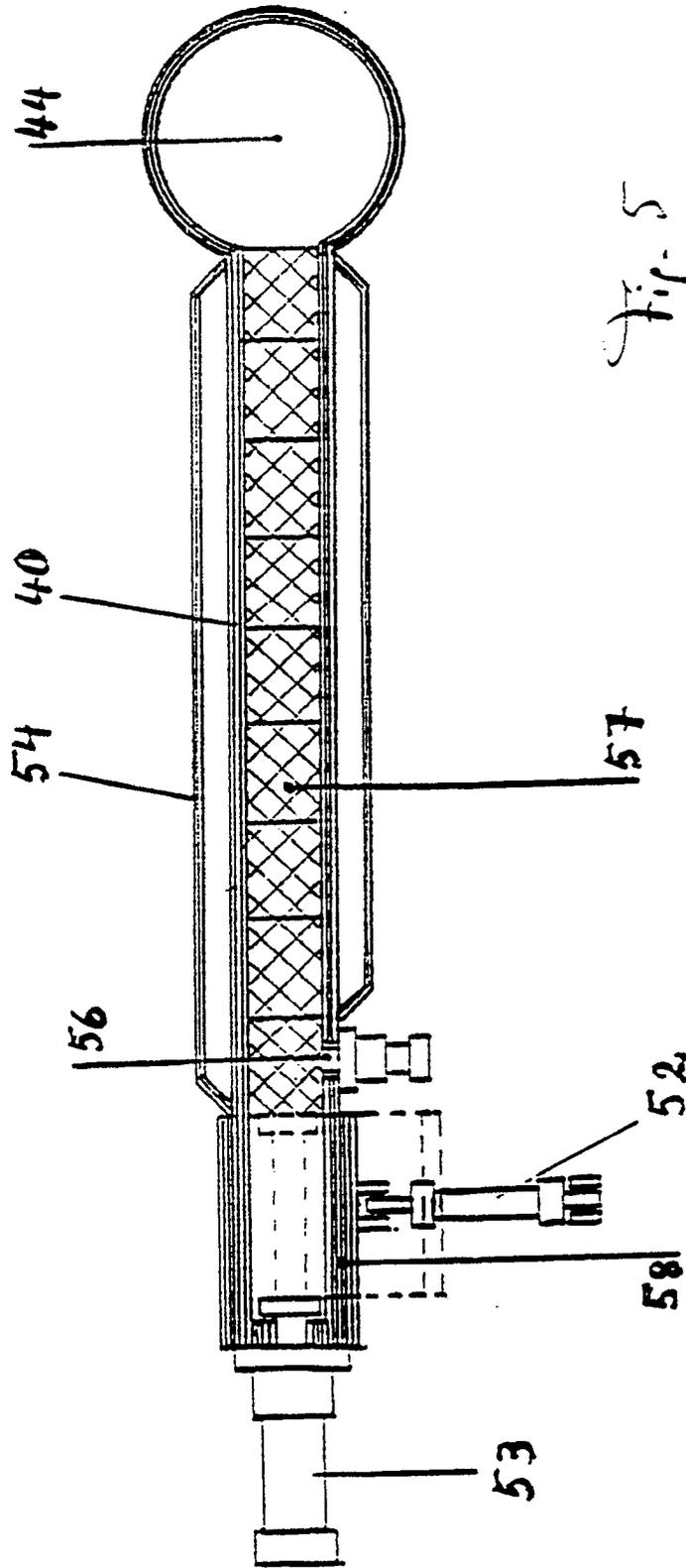


Fig. 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	DE-A-3 207 203 (GREUL) - - - -		C 10 B 53/00
A	US-A-3 812 620 (TITUS et al.) - - - -		
A	WO-A-8 103 629 (LEJEUNE) - - - -		
A	GB-A-1 452 037 (INTERGONT DEVELOPMENT CORP.) - - - - -		
			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			C 10 B C 10 J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 28 Mai 91	Prüfer MEERTENS J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	