



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: C 10 B 53/00
C 10 J 3/70

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



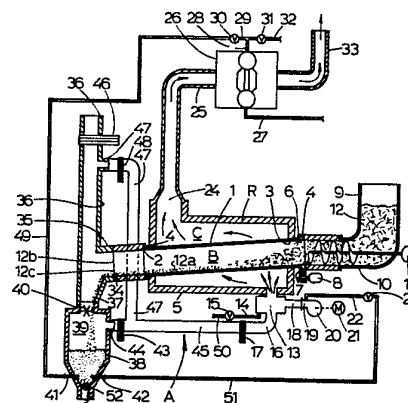
⑫ PATENTSCHRIFT A5

631 479

| | | | |
|----------------------------------|----------------------|---------------|--|
| ②① Gesuchsnummer: | 5673/77 | ⑦③ Inhaber: | Waterfront N.V., Curaçao (NL) |
| ②② Anmeldungsdatum: | 06.05.1977 | | |
| ③⑦ Priorität(en): | 12.05.1976 US 683011 | ⑦② Erfinder: | Frederick Michael Lewis, Mountain View/CA (US) |
| ②④ Patent erteilt: | 13.08.1982 | | |
| ④⑤ Patentschrift veröffentlicht: | 13.08.1982 | ⑦④ Vertreter: | Patentanwälte Dr.-Ing. Hans A. Troesch und Dipl.-Ing. Jacques J. Troesch, Zürich |

⑤④ Verfahren für die Umsetzung von Abfall durch Pyrolyse und Vorrichtung zur Ausführung desselben.

⑤⑦ Beim Verfahren für die Umsetzung von Abfall durch Pyrolyse in einer sauerstofflosen Atmosphäre wird der Abfall durch eine Pyrolysezone geführt. Diese wird durch indirekte Erhitzung auf Pyrolysetemperatur gebracht und gehalten. Aus dem Abfall werden brennbare Gase, verkohlte Produkte und organische Flüssigkeiten in Dampfform gebildet. Dabei wird zur Einleitung des Pyrolyseprozesses der Erhitzungszone (C) Brennstoff zugeführt und verbrennt. Die Pyrolysetemperatur wird konstant gehalten, indem in der Erhitzungszone (C) wenigstens ein Teil der aus dem Abfall (12) gebildeten Gase verbrannt wird. Zum Konstanthalten der Pyrolysetemperatur werden Heizgase verwendet, wobei den verkohlten Produkten (12a) in einem geschlossenen Gefäß (38) Dampf und Luft zugeführt und die unmittelbar bei der Pyrolyse gebildeten Pyrolysegase (12b) und die organischen Flüssigkeiten (12c) zur Weiterverwertung aufgefangen werden. Dies ermöglicht die Rückgewinnung und Verwertung der Wärme-Energie des Teils des Pyrolyseproduktes, das aus verkohlten Produkten besteht. Die Pyrolyse-reaktion kann in Gang gehalten und die durch die Umsetzung durch Pyrolyse des Abfalls entstandenen Pyrolysegase und organischen Flüssigkeiten zurückgewonnen werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren für die Umsetzung von Abfall durch Pyrolyse in einer sauerstofflosen Atmosphäre, wobei der Abfall eine erhebliche Menge brennbarer Stoffe enthält und nach und nach in Längsrichtung durch eine Pyrolysezone geführt, die Pyrolysezone durch indirekte Erhitzung aus einer Erhitzungszone auf Pyrolysetemperatur gebracht und gehalten wird, und aus dem Abfall brennbare Gase, verkohlte Produkte und organische Flüssigkeiten in Dampfform gebildet werden, indem zur Einleitung des Pyrolyseprozesses der Erhitzungszone (C) Brennstoff zugeführt wird, der in derselben verbrennt wird, um den Abfall (12) auf Pyrolysetemperatur zu erhitzen, und dass anschliessend die Pyrolysetemperatur dadurch konstant gehalten wird, dass in der Erhitzungszone (C) wenigstens ein Teil der aus dem Abfall (12) gebildeten Gase verbrannt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zum Konstanthalten der Pyrolysetemperatur Heizgase verwendet werden, die dadurch entstehen, dass den verkohlten Produkten (12a), die in ein geschlossenes Gefäss (38) geführt werden, Dampf und Luft zugeführt wird, wobei die unmittelbar bei der Pyrolyse gebildeten Pyrolysegase (12b) und die organischen Flüssigkeiten (12c) zur Weiterverwertung aufgefangen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrolysezone (B) von einer rotierenden Retorte (1) gebildet wird, die von einer zweiten, die Erhitzungszone (C) begrenzenden Feuerkammer (5) umgeben ist, dass sich an die Pyrolysezone (B) eine Auffangzone (39) anschliesst, und die Pyrolysezone (B) und die Auffangzone (39) mit der Atmosphäre keine Verbindung haben, dass ferner Brennstoff und Luft der Erhitzungszone (C) zugeführt werden, um in derselben zu verbrennen und die Pyrolysezone (B) auf Pyrolysetemperatur zu erhitzen, dass die verkohlten Produkte (12a) in der Auffangzone (39) ein Bett bilden, und die in der Pyrolysegase (12b) und die organischen Flüssigkeiten (12c) in Dampf- 35 form abgeführt werden und dass Dampf und Luft dazu verwendet werden, Heizgase aus den verkohlten Produkten zu bilden, die der Verbrennung in der Erhitzungszone (C) dienen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der verkohlten Produkte (12a) im erhitzten Zustand, zur Bildung von Aktivkohle, Dampf ausgesetzt werden.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Restwärme, die bei der Verbren- 45 nung zum Inganghalten der Pyrolysereaktion freikommt, Dampf erzeugt wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die brennbaren Stoffe im Abfall aus pflanzlichem Abfall, wie z.B. Nusschalen, bestehen.

6. Verfahren nach Anspruch 1 für verbrennbaren Haus- und Industrieabfall, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

a) die Bildung einer ersten, zweiten und dritten Zone durch die Vorsehung von einem ersten, zweiten und dritten Wandaufbau, indem der erste Wandaufbau eine zylindrische Form hat, der zweite den ersten Wandaufbau im wesentlichen mit Freilassung der zweiten Zone zwischen den beiden umhüllt und die dritte Zone mit der zweiten Zone in Verbindung steht, indem die erste und zweite Zone im wesentlichen ausser Verbindung mit der Umgebungsatmosphäre sind;

b) die Vorsehung einer Druckluftquelle, welche einen ersten und zweiten Luftstrom zur Verfügung stellt;

c) die Zusammenführung in die zweite Zone eines ersten Brennstoffstroms von einer unabhängiger Quelle mit dem ersten Luftstrom zur Aufheizung der ersten Zone auf eine

Pyrolysetemperatur;

d) die Rotation des ersten Wandaufbaus um ihre Längsachse;

5 e) die Führung von heissen Verbrennungsgasen aus der zweiten Zone zu einer vierten Zone, wo sie Wasser durch Beheizung in Dampf umsetzen;

10 f) der kontinuierliche Zufuhr des gesagten Abfalls in die erste Zone in dem Bereich des ersten Endes des ersten Wandaufbaus, und zwar in einer solchen Menge, dass der Abfall völlig in verkohlte Produkte, Pyrolysegase und organische Flüssigkeiten umgesetzt worden ist, wenn dass zu behan- 15 delnde Material sich in Längsrichtung durch Schwerkraftwirkung durch die erste Zone bewogen hat;

g) die Führung von heissen, verkohlten Produkten aus der ersten Zone in die dritte Zone zum Aufbauen darin eines aus 20 diesen Produkten bestehenden Bettes;

h) die Beendigung der Zuströmung des ersten Brennstoffstromes;

25 i) die Zuleitung von Pyrolysegasen und organischen Flüssigkeiten aus der ersten Zone zu einer davon entfernten Stelle für späteren Gebrauch;

j) die gleichzeitige Zuleitung von Dampf aus der vierten 30 Zone mit dem zweiten Druckluftstrom in das Bett aus verkohlten Produkten in der dritten Zone zur Umsetzung dieser Produkte in Heizgas; und

k) die Leitung des in der dritten Zone gebildeten Heizgases 35 zu dem ersten Luftstrom und die Mischung der beiden in einer Menge, welche für die Aufrechterhaltung der Temperatur der ersten Zone auf Pyrolysetemperatur mittels Verbrennung des gesagten Heizgases in der zweiten Zone ausreicht.

40 7. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens folgende Schritte:

a) die kontinuierliche Pyrolyse des Abfalls in einer im wesentlichen sauerstofffreien Umgebung, durch welche der Abfall hindurchbewegt wird und in verbrennbares Pyroly- 45 segas, verkohlte Produkte und organische Flüssigkeiten in Dampfform umgesetzt wird;

50 b) die kontinuierliche Abfuhr der verkohlten Produkte, nachdem sie gebildet werden in einen umschlossenen Raum;

c) die kontinuierliche Rückgewinnung von Pyrolysegasen 55 und organischen Flüssigkeiten unter Verbrennung mindestens eines Teils derselben zur Fortsetzung der Pyrolyse des Abfalls;

d) die kontinuierliche Sammlung der verkohlten Produkte 60 aus dem umschlossenen Auffangraum zur späteren Benutzung.

65 8. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen Schritt, in welchem:

e) die gesammelten verkohlten Produkte in heissem Zustand einer Dampfbehandlung bis zur Umsetzung in Aktivkohle unterworfen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen Schritt, in welchem:

f) der angewendete Dampf durch Benutzung von Abfallhitze aus der Pyrolyse entwickelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen Schritt, in welchem:

e) organische Flüssigkeiten vor der Verbrennung des Pyrolysegases daraus abgeschieden werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen Schritt, in welchem:

f) vor der Verbrennung des Pyrolysegases daraus auch Wasser abgeschieden wird.

12. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen Schritt, in welchem:

e) die gesammelten verkohlten Produkte zu Briketten geformt werden.

13. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:

a) eine längliche, zylindrische Retorte (1), in der sich die Pyrolysezone (B) befindet;

b) eine Feuerkammer (5), die die Retorte (1) umgibt, wobei die Erhitzungszone (C) sich zwischen der Aussenwand der Retorte (1) und der Innenwand der Feuerkammer (5) befindet;

c) einen Brenner (13), der mit der Erhitzungszone (C) verbunden ist und mindestens einen mit einem Ventil (17) versehenen Brennstoffeinlass (16) und einen Lufteinlass (18) aufweist;

d) einen Bunker (9), in den der zu behandelnde Abfall (12) aufnehmbar und aus dem der Abfall zur Retorte (1), in der der Abfall nach und nach durch Pyrolyse umsetzbar ist, weiterleitbar ist;

e) einen zylindrischen Behälter (34) am Ende der Retorte (1) zum Auffangen der bei der Pyrolyse entstandenen heissen verkohlten Produkte (12a), Pyrolysegase (12b) und organischen Flüssigkeiten (12c) in Dampfform, wobei an diesem Behälter ein Auslass für Pyrolysegase und organische Flüssigkeiten in Dampfform sowie ein Auslass für verkohlte Produkte angeschlossen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass an den Auslass für die verkohlten Produkte (12a) ein Gefäss (38) zur Aufnahme der verkohlten Produkte angeschlossen ist, die darin ein Bett bilden, dass das Gefäss (38) mittels einer Leitung (45) mit dem Brennstoffeinlass (16) des Brenners (13) für die Zufuhr von Gasen zur Erhitzungszone (C) verbunden ist und dass der Brenner (13) über die Leitung (14) an eine unabhängige Brennstoffquelle anschliessbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Gefäss (38) eine Dampf- (49) und eine Luftleitung (51) zur Bildung von Heizgasen aus den verkohlten Produkten angeschlossen sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13 für die Umsetzung durch Pyrolyse von verbrennbarem Haus- und Industrieab-

fall mittels einer thermodynamischen Reaktion nach Erreichung einer Pyrolysetemperatur, gekennzeichnet durch:

a) eine geneigte, zylindrische, innerlich eine erste Zone umfassende Retorte mit einem ersten und zweiten offenen Ende;

b) eine die genannte Retorte am ersten Ende höherliegend als am anderen Ende rotierbar unterstützende, zwischen sich und der Retorte eine zweite Zone bestimmende Feuerkammer;

c) eine Brenneinheit, welche mit der zweiten Zone in Verbindung steht und einen Lufteinlass sowie einen ersten und einen zweiten, je mit einem Ventil versehenen Brennstoffeinlass aufweist;

d) erste motorische Mittel, welche die Retorte in Drehung versetzt;

e) zweite motorisch bediente Mittel, welche das erste offene Ende der Retorte abdichten und kontinuierlich den verkleinerten Abfall in solcher Menge in die erste Zone einführen, dass dieser Abfall völlig in verkohlte Produkte, Pyrolysegase und organische Flüssigkeiten umgesetzt worden ist, wenn die verkohlten Produkte sich durch Schwerkraftwirkung infolge der Rotation der Retorte bis zum zweiten Ende derselben fortbewogen haben;

f) dritte motorische Mittel für die Zufuhr von Druckluft, welche einen ersten Auslass in Verbindung mit dem Lufteinlass der Brenneinheit und einen zweiten Auslass haben;

g) erste Mittel für die Zufuhr von Brennstoff zum ersten mit einem Ventil versehenen Einlass der Brenneinheit, wenn dieses Ventil, während der Erhitzung bis zur Pyrolysetemperatur der ersten und zweiten Zone durch die Brenneinheit, geöffnet ist;

h) Wärmeaustauschmittel, in welchen durchströmendes Wasser in durch einen ersten Auslass abzulassenden Dampf umgesetzt wird;

i) zweite Mittel für die Zuleitung von heissen Verbrennungsgasen zur Umsetzung von Wasser in Dampf zu den Wärmeaustauschmitteln;

j) dritte, in abdichtender Verbindung mit dem zweiten Retortenende stehende, für das Auffangen daraus der heissen, verkohlten Produkte, Pyrolysegase und organischen Flüssigkeiten und den Abfuhr der Pyrolysegase und der organischen Flüssigkeiten zu einem ersten Auslass sowie der verkohlten Produkte zu einem zweiten Auslass versorgenden Mittel;

k) vierte Mittel, welche eine dritte abgeschiedene Zone bestimmen, in welche die verkohlten Produkte aus dem zweiten Auslass der dritten Mittel abgeführt werden und darin ein Bett bilden, indem diese vierte Mittel einen Dampfeinlass und einen Drucklufteinlass unterhalb dieses Bettes und einen Brennstoffauslass oberhalb des Bettes haben;

l) erste ventilbeherrschte Leitungsmittel, welche den ersten Auslass der Wärmeaustauschmittel mit dem Dampfeinlass der vierten Mittel verbinden;

m) zweite ventilbeherrschte Leitungsmittel, welche den zweiten Auslass der dritten motorisch bedienten Mittel mit

dem Lufteinlass der vierten Mittel verbinden, indem die erste und zweite ventilbeherrschten Leitungsmittel derart regulierbar sind, dass Dampf und Luft zusammen auf die verkohlten Produkte zur Umsetzung des grössten Teils derselben in Heizgase einwirken;

n) dritte Leitungsmittel in Verbindung mit dem ersten Auslass der vierten Mittel für den Empfang daraus von Pyrolysegasen und organischen Flüssigkeiten in Dampfform;

o) vierte Leitungsmittel in Verbindung mit dem Heizgasauslass der vierten Mittel, und

p) fünfte Leitungsmittel, welche die dritte und vierte Leitungsmittel mit dem zweiten ventilbeherrschten Einlass der Brenneinheit verbinden, wenn dieser Einlass nach dem Erreichen der Pyrolysetemperatur in der ersten und zweiten Zone für den Brennstoffzufuhr an die Brenneinheit geöffnet und der erste ventilbeherrschte Einlass geschlossen ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 13, zur Behandlung von Haus- und Industrieabfall durch Pyrolyse mit einer länglichen, zylindrischen Retortenhülle aus wärmeleitendem Material, welche rotierbar in einer im oberen Teil mit einem Auslass für Verbrennungsgase versehenen Feuerkammer unterstützt ist, indem die Hülle in Rotation versetzende erste Antriebsmittel sowie zweite Antriebsmittel vorgesehen sind und die letztere den Abfall im wesentlichen von der Aussenluft abgeschlossen in ein Beschickungsende der Hülle einführen und ein Brenner für die Erhitzung der Feuerkammer zu einer genügend hohen Temperatur vorgesehen ist, so dass die Retortenhülle indirekt auf eine Pyrolysetemperatur geheizt wird, wozu der Brenner mit ersten und zweiten ventilbeherrschten Brennstoffeinlässen versehen ist und eine Pressluftquelle vorgesehen ist, gekennzeichnet durch die folgenden Massnahmen:

a) ein mit dem, dem Beschickungsende der Retortenhülle gegenüberliegenden Ende abdichtend verbundenes Gehäuse mit einem sich nach oben erstreckenden Teil, worin aus der Pyrolyse gewonnene Pyrolysegase und verdampfte organische Flüssigkeiten einfließen, sowie ein sich niederwärts erstreckender Teil, durch welchen bei der Pyrolyse entstandene verkohlte Produkte durch Schwerkraft abgeführt werden;

b) ein mit dem sich niederwärts erstreckenden Teil verbundenes, geschlossenes Gefäss, worin sich in senkrechte Richtung ein Bett aus den darin abgeführten verkohlten Produkten aufbaut;

c) Leitungsmittel, welche für die Umsetzung der verkohlten Produkte in Heizgas gleichzeitig einen Druckluftstrom aus der bezüglichen obengenannten Quelle und einen Dampfstrom in das Bett leiten;

d) eine erste Leitung führt das Heizgas zu dem zweiten Brenneinlass, wenn dieser geöffnet und der erste ventilbeherrschte Einlass geschlossen ist, worauf das Heizgas für die Heizung der Feuerkammer verbrennt wird;

e) eine zweite Leitung führt von dem sich aufwärts erstreckenden Teil des Gehäuses zum zweiten ventilbeherrschten Einlass des Brenners;

f) Ventile im sich aufwärts erstreckenden Rohrteil erlauben es, das Ganze oder einen zu bestimmenden Teil der

Pyrolysegase und der organischen Flüssigkeiten zur Rückgewinnung durchzulassen, indem der nicht durchgelassene Teil durch die zweite Leitung dem Heizgas zur Beibehaltung der Retortenhülle auf Pyrolysetemperatur für den Abfall hinzugefügt wird;

g) erste Kondensierkühlmittel sind dem sich aufwärts erstreckenden Rohrteil hinzugefügt zur Abscheidung der organischen Flüssigkeiten aus dem Pyrolysegas beim Durchströmen;

h) ein zweiter Kühlkondensor empfängt das Pyrolysegas das den ersten Kondensor durchflossen hat um daraus Wasser abzuscheiden; und

i) mit dem zweiten Kondensor verbundene Abscheidungs- mittel, welche das Kondenswasser vom Pyrolysegas abscheiden, bevor es zurückgewonnen wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren für die Umsetzung von Abfall durch Pyrolyse in einer sauerstoff-
losen Atmosphäre, wobei der Abfall eine erhebliche Menge
brennbarer Stoffe enthält und nach und nach in Längsrich-
tung durch eine Pyrolysezone geführt, die Pyrolysezone
durch indirekte Erhitzung aus einer Erhitzungszone auf Pyro-
lysetemperatur gebracht und gehalten wird, und aus dem
Abfall brennbare Gase, verkohlte Produkte und organische
Flüssigkeiten in Dampfform gebildet werden, indem zur Ein-
leitung des Pyrolyseprozesses der Erhitzungszone Brennstoff
zugeführt wird, der in derselben verbrennt wird, um den
Abfall auf Pyrolysetemperatur zu erhitzen, und dass
anschliessend die Pyrolysetemperatur dadurch konstant
gehalten wird, dass in der Erhitzungszone wenigstens ein Teil
der aus dem Abfall gebildeten Gase verbrannt wird, sowie
eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens.

In den Vereinigten Staaten gibt es jährlich etwa 200 Mill.
Tonnen festen Hausmüll. Etwa 90% dieses Abfalls wird durch
Landauffüllung beseitigt, wobei 9% verbrannt wird. Die
Menge des Hausmülls wächst schneller als die Bevölkerung.
Diese Zunahme im Zusammenhang mit der wachsenden
Bevölkerung, die immer mehr in die Vorstädte zieht, überfor-
dert die bestehenden Landauffüllungsmöglichkeiten.

Die bekannten Beseitigungsmethoden von Abfall werden
berechtigterweise immer mehr in Zweifel gezogen. Offene
Abfallabladeplätze werden für ungesetzlich erklärt. Eine
schlecht durchgeführte Geländeauffüllung mit Abfall kann
das Grundwasser stark verunreinigen und schädliche Gase
erzeugen. Müllverbrennungsanlagen werden aufgrund von
Luftverschmutzungskontrollen und Schwierigkeiten bei der
Verwertung von Glas, Gummi und verschiedenen Kunst-
stoffen immer teurer. Das Bedürfnis nach Abfallbeseitigungs-
methoden, die manche der sich im Hausmüll befindlichen
Grundstoffe zurückgewinnen können, wächst.

Eine in technischer Hinsicht gute Lösung ist die Pyrolyse.
Die Pyrolyse ist ein Verfahren zur thermischen Behandlung
von Abfall, das ein Minimum zur Verunreinigung der Umge-
bung gewährleistet und es ermöglicht, Grundstoffe zurückzu-
gewinnen und lästigen festen Abfall in einen leicht zu ver-
brennenden gasförmigen Brennstoff umzusetzen, der in
bekannten Öfen mit bekannten Brennern verbrannt werden
kann. Dadurch werden die Kosten für die Benutzung eines
Abfallabladeplatzes wesentlich gesenkt.

Pyrolyse wird als «chemische, durch Hitzeeinwirkung
zustande gebrachte Veränderung» definiert. Es ist ein Ver-
fahren der trockenen Destillation, das in einer sauerstoff-

losen Atmosphäre ausgeführt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das die Rückgewinnung und Verwertung der Wärmeenergie des Teils des Pyrolyseproduktes, das aus verkohlten Produkten besteht, ermöglicht, um die Pyrolysereaktion in Gang zu halten und infolgedessen die durch die Umsetzung durch Pyrolyse des Abfalls entstandenen Pyrolysegase und organischen Flüssigkeiten zum Verkauf oder zu anderen Zwecken zurückzugewinnen. Dabei soll sich das Verfahren bei einem breiten Bereich im Feuchtigkeitsgehalt des Abfalls selbst in Gang halten. Schliesslich soll die Möglichkeit gegeben sein, aus bekannten Vormaterialien, wie Holz und Kokosnussschalen, Kohle und Aktivkohle herzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass zum Konstanthalten der Pyrolysetemperatur Heizgase verwendet werden, die dadurch entstehen, dass den verkohlten Produkten, die in ein geschlossenes Gefäss geführt werden, Dampf und Luft zugeführt wird, wobei die unmittelbar bei der Pyrolyse gebildeten Pyrolysegase und die organischen Flüssigkeiten zur Weiterverwertung aufgefangen werden. Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, dass mindestens ein Teil der der verkohlten Produkte im erhitzten Zustand, zur Bildung von Aktivkohle, Dampf ausgesetzt werden.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich aus durch:

- a) eine längliche zylindrische Retorte, in der sich die Pyrolysezone befindet;
- b) eine Feuerkammer, die die Retorte umgibt, wobei die Erhitzungszone sich zwischen der Aussenwand der Retorte und der Innenwand der Feuerkammer befindet;
- c) einen Brenner, der mit der Erhitzungszone verbunden ist und mindestens einen mit einem Ventil versehenen Brennstoffeinlass und einen Lufterinlass aufweist;
- d) einen Bunker, in den der zu behandelnde Abfall aufnehmbar und aus dem der Abfall zur Retorte, in der der Abfall nach und nach durch Pyrolyse umsetzbar ist, weiterleitbar ist;
- e) einen zylindrischen Behälter (34) am Ende der Retorte zum Auffangen der bei der Pyrolyse entstandenen heissen, verkohlten Produkte, Pyrolysegase und organischen Flüssigkeiten in Dampfform, wobei an diesen Behälter ein Auslass für Pyrolysegase und organische Flüssigkeiten in Dampfform sowie ein Auslass für verkohlte Produkte angeschlossen ist.

Die Vorrichtung nach der Erfindung zur Durchführung des Verfahrens wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer gemäss der Erfindung betriebenen und ausgebildeten Vorrichtung mit einem Pyrolyse-Reaktor im Längsschnitt,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht des Pyrolyse-Reaktors nach Fig. 1,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Zusatzvorrichtung zu der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung für die Rückgewinnung der in dem Pyrolysegase vorhandenen organischen Flüssigkeiten und der Entfernung von Wasser aus dem Pyrolysegas, bevor dieses Gas verbrannt wird, und

Fig. 4 ein Strömungsdiagramm, das den Wärmeinhalt der Komponenten der Vorrichtung zur Durchführung der Pyro-

lyse darstellt, und zwar wie sich der Wärmeinhalt ändert, wenn der Feuchtigkeitsgehalt in der Biomasse zehn Prozent (10%) und fünfundzwanzig Prozent (25%) beträgt.

- 5 Die Vorrichtung A zur Durchführung der Pyrolyse eignet sich für brennbaren, zerkleinerten Haus- oder Industrieabfall oder ein anderes Ausgangsmaterial, das einen wesentlichen Wärmeinhalt besitzt. Insbesondere eignet sich die Vorrichtung A für die Verwendung des Pyrolyse-Reaktors R nach Fig. 2

Die Vorrichtung A enthält eine längliche, zylindrische Retorte 1 aus wärmeleitendem Material, die geneigt angeordnet ist und eine höher als eine Ausgabeöffnung 2 liegende Eingabeöffnung 3 besitzt. Die Retorte 1 wird von Lagern 4 ausserhalb der Begrenzung einer Feuerkammer 5 drehbar gehalten. Von der Retorte 1 wird eine Pyrolysezone B begrenzt. Die Aussenfläche der Retorte 1 und die Innenfläche der Feuerkammer 5 umgrenzen gemeinsam eine Erhitzungszone C.

Ein Zahnkranz 6 ist in der Nähe der Eingabeöffnung 3 an der Retorte 1 befestigt, und ein Getriebe 7, das von einem Antriebsmotor 8, beispielsweise einem Elektromotor, angetrieben wird, greift in den Zahnkranz 6 ein. Die Eingabeöffnung 3 der Retorte 1 steht mit einem Bunker 9 für Abfall, in dem eine Förderstrecke 10 angeordnet ist, in Verbindung. Wenn die Förderschnecke 10 über den Antriebsmotor 11 in Betrieb ist, dient sie dazu, den Abfall 12 aus dem Bunker 9 in den oberen Teil der Pyrolysezone B in der gewünschten Menge zu befördern. Der Feuerkammer 5 ist ein Brenner 13 zugeordnet, der mit der Erhitzungszone C verbunden ist. Der Brenner 13 hat einen ersten Brennstoffeinlass 14 mit einem zugehörigen Ventil 15 und einen zweiten Brennstoffeinlass 16 mit einem zugehörigen Ventil 17. Der Lufterinlass 18 des Brenners 13 ist über einen ersten Auslass 19 eines Gebläses 20 mit diesem verbunden. Das von einem Antriebsmotor 21 angetriebene Gebläse 20 hat einen zweiten Auslass 22, der mit einem Ventil 23 in Verbindung steht.

Heisse Verbrennungsgase können von der Erhitzungszone C durch eine Öffnung 24 in der Feuerkammer 5 aufwärts durch einen Abgaskanal 25 strömen, der zu einem Wärmeaustauscher 26 führt. Durch eine Leitung 27 strömt Wasser in den Wärmeaustauscher 26 und wird in Dampf umgesetzt. Der Dampf strömt zu einer Leitung 28, die sich in eine erste Leitung 29 mit einem Ventil 30 und eine zweite Leitung 31 mit einem Ventil 32 aufteilt. Die heissen Verbrennungsgase entweichen aus dem Wärmeaustauscher 26 in einen Kamin 33 und aus dem Kamin in die umgebende Atmosphäre.

Während die Retorte 1 sich dreht, bewegt sich der Abfall 12 in der Pyrolysezone B aufgrund der Schwerkraft in Längsrichtung und aufgrund der Pyrolysetemperatur in der Pyrolysezone B, etwa 760°C, wird er in verkohlte Produkte 12a, brennbares Pyrolysegas 12b und komplexe organische Flüssigkeiten 12c in Form eines Öls umgesetzt.

Die Ausgabeöffnung 2 der Retorte 1 ist unter Abdichtung drehbar mit einem zylindrischen Behälter 34 verbunden, der zu einem Gehäuse 35 mit einer nach oben verlaufenden Leitung 36 und einer nach unten verlaufenden Leitung 37 führt.

Die Leitung 37 geht zu einem geschlossenen Gefäss 38, das in seinem Innern eine Auffangzone 39 begrenzt. Die verkohlten Produkte 12a fallen aufgrund der Schwerkraft in die Auffangzone 39 und bilden darin ein hohes Bett aus heissen, verkohlten Produkten. Im oberen Innenbereich des Gefässes 38 ist ein freidrehbares Sternrad 40 befestigt, das es ermöglicht, dass die verkohlten Produkte 12a durch Schwerkraft in die Auffangzone 39 fallen. Das Sternrad 40 verhindert ein Vermischen des Heizgases aus der Auffangzone 39 mit dem Pyrolysegas 12b und den organischen Flüssigkeiten 12c aus der Pyrolysezone B. In seinem unteren Bereich ist das Gefäss 38 mit einem Dampfleinlass 41 und einem Lufterinlass 42 ver-

sehen.

Wenn Dampf und Luft gleichzeitig der Auffangzone 39 zugeführt werden, um durch das Bett aus verkohlten Produkten nach oben zu strömen, werden die verkohlten Produkte in ein brennbares Gemisch aus brennbaren und nicht-brennbaren Gasen umgesetzt, die aus der Auffangzone 39 durch eine mit einem Ventil 43 versehene Leitung 44 entweichen. Das Ventil 43 ist durch eine Leitung 45 mit dem Ventil 17 verbunden.

In der Leitung 36 befindet sich ein Kontrollventil 46. Eine Leitung 47 ist mit der Leitung 78 stromaufwärts von dem Ventil 46 verbunden, und die Leitung 47 erstreckt sich zur Leitung 45. In der Leitung 47 befindet sich ein Kontrollventil 48. Das Ventil 30 ist durch eine Leitung 49 mit dem Dampfeinlass 41 am Gefäß 38 verbunden.

Das Ventil 15 steht über eine Leitung 50 mit einer unabhängigen, nicht dargestellten Brennstoffquelle in Verbindung. Der Brenner 13, der mit Brennstoff betrieben wird, der ihm durch den ersten Brennstoffeinlass 14 zugeführt wird, erhöht die Temperatur der Pyrolysezone B und der Erhitzungszone C auf eine Temperatur, bei der der Abfall 12 durch Pyrolyse umgesetzt wird, indem er die Retorte 1 in Längsrichtung durchläuft, wo bei die Retorte 1 von dem Antriebsmotor 8 langsam gedreht wird.

Hierbei ist das Ventil 46 geschlossen und die Ventile 48 und 17 sind geöffnet, damit das Pyrolysegas, das durch Umsetzung durch Pyrolyse des Abfalls 12 erzeugt worden ist, zum zweiten Brennstoffeinlass 16 des Brenners 13 strömen kann. Dann schliesst das Ventil 15, da Brennstoff aus einer unabhängigen Quelle dem ersten Brennstoffeinlass 14 nicht länger zugeführt werden muss. Im Wärmeaustauscher 26 wird nun Dampf erzeugt, und das Ventil 30 wird geöffnet, wodurch dieser Dampf zum Dampfeinlass 41 am Gefäß 38 strömen kann. Anschliessend wird das Ventil 23 geöffnet, so dass Druckluft durch eine Leitung 51 zu dem Lufteinlass 42 am Gefäß 38 strömen kann.

Der Dampf und die Luft, die in die Auffangzone 39 einströmen, reagieren mit dem Bett aus heissen, verkohlten Produkten darin und bilden ein Heizgas, das aus einer Mischung aus Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Kohlendioxid besteht. Dann wird das Ventil 43 geöffnet, wodurch das Heizgas durch die Leitung 45 zum zweiten Brennstoffeinlass 16 am Brenner 13 strömen kann. Das Pyrolysegas und das Heizgas, die auf die vorbeschriebene Weise erzeugt worden sind, liefern genug Brennstoff, um die Pyrolysereaktion in der Pyrolysezone B selbständig zu halten. Im übrigen befindet sich im unteren Teil des Gefässes 38 ein Ablassventil 52 zum Abziehen der Asche aus dem Gefäß 38.

In dem vorstehend beschriebenen Pyrolyseverfahren werden die organischen Flüssigkeiten 12c mit dem Pyrolysegas 12b gemischt. Diese Mischung wird verbrannt, um die Pyrolysereaktion in Gang zu halten.

Wenn es verlangt wird, die organischen Flüssigkeiten 12c sowie Wasser aus dem Pyrolysegas 12b zu entfernen, so kann die Zusatzvorrichtung nach Fig. 3 der Vorrichtung nach Fig. 1 zugeordnet werden.

Bei Verwendung der Zusatzvorrichtung ist die Leitung 36 mit einem Ölkondensator 53 verbunden. Das kondensierte Öl 12c fliesst vom Kondensator 53 durch eine Leitung 54 in einen ersten Zweig 55 mit einem Ventil 56 und in einen zweiten Zweig 57 mit einem Ventil 58. Bei Öffnung des Ventils 56 kann das kondensierte Öl 12c durch eine Leitung 59 zu einem nicht dargestellten Speicher strömen. Bei Öffnung des Ventils 58 kann das kondensierte Öl 12c durch eine Leitung 60 zu dem zweiten Brennstoffeinlass 16 strömen.

Das Pyrolysegas 12b strömt vom Ölkondensator 53 durch eine Leitung 61 zu einem Wasserkondensator 62, in dem der Wasserdampf im Pyrolysegas kondensiert wird. Das Pyroly-

segas 12b und das Wasser strömen aus dem Wasserkondensator 62 durch eine Leitung 63 zu einem Gas-Flüssigkeits-Abscheider 64. Das Wasser strömt aus dem Abscheider 64 über eine Leitung 65.

Das wasserfreie Pyrolysegas kann aus dem Abscheider 64 entweder durch einen ersten Auslass 66 mit zugeordnetem Ventil 67 oder einen zweiten Auslass 68 mit zugeordnetem Ventil 69 entweichen. Das Ventil 67 steht mit der Leitung 45 in Verbindung, die zu dem zweiten Brennstoffeinlass 16 des Brenners 13 führt. Das Ventil 69 ist mit einer Leitung 70 verbunden, die das Pyrolysegas, das im wesentlichen frei von dem Öl 12c und Wasser ist, zu einem geeigneten, nicht dargestellten Speicher führt.

Aus einer nicht dargestellten Quelle fliesst Kühlwasser durch eine Leitung 71 zu dem Wasserkondensator 62 und von hier aus durch eine Leitung 72 zum Ölkondensator 53. Das in dem Ölkondensator 53 erwärmte Kühlwasser fliesst von dort aus über die Leitung 27 als Speisewasser in den Wärmeaustauscher 26.

Der bereits erwähnte Einfluss der Feuchtigkeit auf die Pyrolyse ist in Fig. 4 dargestellt. Es wird Abfall mit einem Feuchtigkeitsgehalt von zehn Prozent (10%) und fünfundzwanzig Prozent (25%) verglichen. Die Prozente für die verschiedenen Nebenströme bezeichnen den Prozentsatz des Wärmeinhalts des Abfalls. Die nicht eingeklammerten Prozente beziehen sich auf Abfall mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 10% und die eingeklammerten Prozente auf Abfall mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 25%. Aus Fig. 4 ergibt sich, dass der thermische Wirkungsgrad des Verfahrens 58,1% bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 10% und 50% bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 25% beträgt.

Das genannte Verfahren ist besonders für die Verarbeitung von Haus- und Industrieabfall geeignet. Der Begriff «Haus- und Industrieabfall» umfasst solche unterschiedlichen Materialien wie Kokosnussschalen, Landbaurückstände, Holzabfall, Abwässer usw.

Obwohl der Pyrolyse-Reaktor R sich insbesondere dafür eignet, Haus- und Industrieabfall durch Pyrolyse in verkohlte Produkte, Pyrolysegas und organische Flüssigkeiten umzusetzen, kann er auch dazu verwendet werden, um verkohlte Produkte in Aktivkohle umzusetzen, wenn die verkohlten Produkte anstatt des Abfalls als Ausgangsmaterial benutzt werden. Bei der Umsetzung der verkohlten Produkte in Aktivkohle werden Dampf und Kohlendioxid durch Rohrleitungen in die Pyrolysezone eingeführt. Dampf und Kohlendioxid reagieren dann mit den verkohlten Produkten, wobei sich diese in Längsrichtung durch die Pyrolysezone bewegen, um in das Innere des Gefässes 38 zu gelangen.

Das erfindungsgemässe Verfahren zur Verwertung von Haus- und Industrieabfall verwendet also einen Pyrolyse-Reaktor. Der Reaktor besitzt – wie beschrieben – eine Pyrolysezone, in der der Abfall durch Pyrolyse umgesetzt wird, und er wird durch Wärme aus einer Erhitzungszone indirekt erhitzt. Das Verfahren umfasst eine Auffangzone, in der sich die durch die Pyrolyse gebildeten verkohlten Produkte ablagern. Die Erhitzungszone wird durch einen Brenner erhitzt. Die Pyrolysezone und die Auffangzone sind miteinander verbunden, wobei die Pyrolysezone gegenüber der umgebenden Atmosphäre sauerstofffrei gehalten wird. Dem Brenner wird zunächst aus einer unabhängigen Quelle Brennstoff zugeführt, um die Pyrolyse- und die Erhitzungszone auf die Pyrolysetemperatur zu erhitzen. Der zerkleinerte Haus- und Industriemüll wird dann in die Eingabeöffnung der Pyrolysezone eingeführt, und er bewegt sich durch diese Zone zu deren Ausgabeöffnung. Der zerkleinerte Abfall wird beim Durchqueren der Pyrolysezone in verkohlte Produkte, brennbares Pyrolysegas und komplexe organische Flüssigkeiten umgesetzt.

Die heissen, verkohlten Produkte gelangen dann in die Auffangzone, in der sie ein vertikales Bett bilden, durch das Dampf und Wasser gleichzeitig zur Erzeugung eines Heizgases strömen können, das brennbare und nichtbrennbare Gase enthält.

Nachdem die Pyrolysezone die Pyrolysetemperatur erreicht hat, wird die Brennstoffzufuhr aus der unabhängigen Quelle zum Brenner unterbrochen, wonach der Brenner die Erhitzungszone mit Heizgas aus der Auffangzone erwärmt. Der Reaktor ist derart aufgebaut, dass je nach Wunsch des Benützers die ganze Menge oder ein gewünschter Teil des erzeugten Pyrolysegases einer Stelle ausserhalb des Reaktors zur Speicherung oder zu anderen Zwecken, wie beispielsweise der späteren Verwendung als Brennstoff für die Retorte, zugeführt werden kann. Wenn das in der Auffangzone erzeugte Heizgas nicht ausreicht, um die Pyrolyse- und Erhitzungszone auf der Pyrolysetemperatur zu halten, kann die Brenngaszufuhr zum Brenner mit einem Teil des Pyrolysegases, das dorthin geführt wird, erhöht werden. Die durch die Pyrolyse entstandene verkohlten Produkte können zur Herstellung von Briketts verwendet oder in Aktivkohle umgesetzt werden, wenn die verkohlten Produkte nicht zu Heizzwecken benutzt werden. Wenn der zerkleinerte Haus- oder Industriemüll Glas oder Metalle enthält, können diese von dem Abfall entweder bevor der Abfall die Pyrolysezone erreicht oder bevor der erhitzte Abfall von der Pyrolysezone zur Auffangzone weiterläuft, abgeschieden werden. Das Rauchgas aus der Erhitzungszone kann einem Wärmeaustauscher zugeführt werden, um Wasser in Dampf zu verwandeln, wobei der Dampf zur Krafterzeugung sowie als Dampfzufuhr für die Auffangzone verwendet werden kann. Im übrigen kann der Reaktor, der dazu dient, Haus- und Industrieabfall durch Pyrolyse umzusetzen, auch dazu dienen, verkohlte Produkte in Aktivkohle umzusetzen, und zwar mittels einer verhältnismässig kleinen Abänderung.

Das erfindungsgemässe Verfahren setzt Abfall in die folgenden Komponenten um:

kohlenstoffhaltige, verkohlte Produkte, organische Flüssigkeiten (holzsauere Flüssigkeiten) und brennbares Gas (Heizgas und Pyrolysegas).

Die Herstellung von chemischem Vormaterial aus den organischen Flüssigkeiten ist zwar technisch möglich, jedoch aber gegenwärtig wirtschaftlich unzweckmässig. Sollten sich Brennstoffpreise und Brennstoffverhältlichkeit wesentlich ändern, so kann diese Verwertung vorteilhaft werden. Zwischenzeitlich können diese Flüssigkeiten zweckmässigerweise als Brennstoff verwendet werden. Das erzeugte Heizgas bietet eine sehr vorteilhafte Kombination von Vernichtung und Dampferzeugung.

Die vorliegende Erfindung umfasst die Benutzung eines indirekt erhitzten Drehofens, der besondere konstruktive Merkmale aufweist, um Haus- und Industriemüll, – ein Material, das heterogen, veränderlich, sperrig, unhandlich und nicht speicherbar ist –, aufzunehmen und in einem gasartigen Brennstoff umzusetzen, der homogen, konsistent und speicherbar ist und in einem bekannten Kessel mit bekannten Brennern verbrannt werden kann.

Um bei der Pyrolyse das beste Ergebnis zu erreichen, wird der Abfall, bevor er dem Ofen zugeführt wird, zerkleinert. Die zylindrische Retorte des Ofens ist leicht geneigt angeordnet und wird langsam gedreht, so dass sich der Abfall von der Eingabeöffnung zu der Ausgabeöffnung der Retorte bewegt. Die Retorte ist in einer Feuerkammer eingeschlossen, die feuerfest ausgekleidet ist. Ein Teil des Heizgases wird im ringförmigen Raum zwischen der Aussenwand der zylindrischen Retorte und dem Innern der Feuerkammer verbrannt.

Die Wärme strömt durch die aus einer Legierung hergestellte Wand der Retorte, um den Abfall durch Pyrolyse umzusetzen.

Ein wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Teil der entstandenen Heizgase zur Erzeugung der für die Pyrolyse des Abfalls notwendigen Wärme zu verwenden. Eine kleine Menge gekauften Brennstoffs ist für den Anfang notwendig, aber im stabilen Zustand kann die erfindungsgemässe Vorrichtung bei den meisten Abfallkompositionen, die ihr zugeführt werden, sich selbst mit Energie versorgen. Die aus der Pyrolyse entstandenen verkohlten Produkte, die vor allem aus Kohlenstoff, Metall, Glas und Mineralasche bestehen, werden aus dem Reaktor abgezogen und zur Landauffüllung verwendet. Sie können aber auch für die zusätzliche Rückgewinnung von Grundstoffen verarbeitet oder für Brennstoff verwendet werden. Die organischen Flüssigkeiten können je nach Wunsch aus dem Heizgasstrom herauskondensiert oder in einer gasförmigen Aerosolphase gelassen und unmittelbar mit dem Heizgas verbrannt werden. Das Heizgas wird durch Rohre unmittelbar zu einem Gasbrenner, der seitlich an einem Kessel befestigt ist, befördert.

Die Prozentsätze der verschiedenen Komponenten, die im Abfall enthalten sind, unterscheiden sich je nach ihrer Herkunft. Kennzeichnende Bereiche sind folgende:

| Stoff | Bereich |
|---------------------|---------|
| brennbares Material | 45%–80% |
| Feuchtigkeit | 10%–40% |
| inaktives Material | 10%–25% |

Die Feuchtigkeit ist die bedeutenste Variable in der Abfallzusammensetzung im Hinblick auf den Einfluss auf das Dampferzeugungsvermögen des Pyrolyseverfahrens. Die Menge Dampf, die erzeugt werden kann, ist am höchsten, wenn keine Feuchtigkeit vorhanden ist, und sie wird im allgemeinen in demselben Verhältnis, in dem die vorhandene Feuchtigkeit zunimmt, abnehmen. Der Feuchtigkeitsgehalt wird am meisten durch die geographische Herkunft, die Jahreszeit und demzufolge der Menge an Gartenabfällen, gemähtem Gras usw. bestimmt. Gemahlener Abfall hat einen niedrigeren Feuchtigkeitsgehalt als ungemahlener Abfall, und zwar aufgrund der Wärme, die im Müllzerkleinerer erzeugt wurde.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um aus der Wärmebehandlung von Abfall Grundstoffe zurückzugewinnen, wenn die vorliegende Erfindung angewandt wird, und zwar:

die Erzeugung von Dampf durch die Verbrennung des bei der Pyrolyse entstandenen Heizgases; die Rückgewinnung von kohlenstoffhaltigem Material aus verkohlten Produkten, das in Aktivkohle zur Behandlung von Wasser oder Herstellung von Heizbriketts oder anderen Produkten umgesetzt werden kann; die Rückgewinnung von Metallen (eisenhaltig oder nicht-eisenhaltig) und Glas; die Rückgewinnung von organischen Flüssigkeiten.

Die vorliegende Erfindung bietet mehrere vorteilhafte Möglichkeiten der Grundstoffrückgewinnung. Diese Vorteile sind:

Dampferzeugung.

Das Verfahren nach der Erfindung setzt den grössten Teil des Gehalts an brennbarem Material aus dem festen Abfall in ein brennbares Gas um, das viel einfacher und wirksamer als der nicht durch Pyrolyse umgesetzte, feste Abfall in einem Kessel verbrannt werden kann.

Rückgewinnung von kohlenstoffhaltigen Produkten.

Aus den kohlenstoffhaltigen, verkohlten Produkten, die aus der Umsetzung durch Pyrolyse von Hausmüll entstehen, kann Aktivkohle hergestellt werden. Das erfordert aber einen besonderen Aktivierungsschritt, insbesondere eine Reaktion mit Dampf bei hohen Temperaturen, was bei der vorliegenden Erfindung möglich ist.

Rückgewinnung von Metall und Glas.

Das Verfahren nach der Erfindung arbeitet bei einer verhältnismässig niedrigen Temperatur (760°C) und rührt der Retorte keine Luft und keinen Sauerstoff zu. Unter diesen Bedingungen verschmilzt oder backt weder das Glas noch oxidiert das Metall. Das bedeutet, dass das vorliegende Verfahren die Möglichkeit bietet, Glas und Metall vorzugsweise von den verkohlten Produkten anstatt von dem einzufüllenden Abfall zu trennen. Das hat zwei wesentliche Vorteile: Erstens sind das Metall und das Glas thermisch von jeglichem organischem Rückstand gesäubert, und zweitens ist der Umfang der verkohlten Produkte, die die Trennanlage passieren müssen, bedeutend kleiner als der Umfang des eintretenden Abfalls. Bekannte Pyrolyseverfahren, die bei hohen Temperaturen arbeiten und Luft in die Pyrolysezone einführen, bieten diese Möglichkeit nicht.

Rückgewinnung organischer Flüssigkeiten.

Organische Flüssigkeiten, die auch holzsauere Flüssigkeiten genannt werden, werden durch die Pyrolyse von Abfall hergestellt. Beim Austritt aus der Retorte sind diese organischen Flüssigkeiten in einer gasartigen Aerosolform. In diesem Stadium gibt es mehrere Möglichkeiten, sie weiterzuverwerten:

Man hält sie auf der hohen Temperatur und verbrennt sie als gasartigen Brennstoff im Kessel; man kondensiert sie und speichert sie als Aufwärbrennstoff oder als Zusatzbrennstoff für Tage, an denen der Abfall einen über das normale Mass hinausgehenden Feuchtigkeitsgehalt hat; zusätzliche Verwertung der kondensierten organischen Flüssigkeiten in chemischen Vormaterialien.

Die Umsetzung durch Pyrolyse von festem Abfall verursacht bei dem erfindungsgemässen Verfahren weniger Luftverschmutzung als die bekannten Verfahren der Müllverbrennung. Die Gründe für diesen Vorteil der Erfindung gegenüber anderen Müllverbrennungsöfen und Pyrolysereaktionen liegen darin, dass

1. das Verfahren nach der Erfindung bei einer verhältnismässig niedrigen Temperatur arbeitet. In der Regel wird die Temperatur in der Retorte etwa 760°C betragen. Bei dieser Temperatur verflüchtigen sich Schwermetalle wie Blei, Zink und Kadmium, die als Partikel aus den Schornsteinen der konventionellen Müllverbrennungsanlagen austreten, nicht so stark;

2. keine Luft- oder Verbrennungsgase von einer ausserhalb liegenden Quelle in die Retorte eingeführt werden. Das bedeutet, dass eine durch Ventilation verursachten Partikelbewegung auf ein absolutes Mindestmass gehalten wird.

3. kohlenstoffhaltige, verkohlte Produkte entstehen. Mehrere Laboruntersuchungen über Pyrolyse haben gezeigt, dass viele vorhandene Verunreinigungen chemisch an dem festen Kohlenstoff gebunden bleiben und deshalb nicht mit den Rauchgasen ausgestossen werden.

4. ein Heizgas erzeugt wird, das in einer gesonderten Verbrennungskammer verbrannt werden kann. In dieser

Kammer sind Metall und Glas, die eine Verschlackung bewirken, nicht vorhanden. Das hat zur Folge, dass das Heizgas bei hohen Temperaturen und mit wenig überschüssiger Luft verbrannt werden kann, was einen hohen thermischen Wirkungsgrad bewirkt. Wenn Anlagen zur Kontrolle der Luftverschmutzung erforderlich sind, können dieselben wesentlich kleiner und billiger sein, weil der geringe Luftüberschuss eine wesentliche Verminderung der Menge an Rauchgasen, die gereinigt werden müssen, mit sich bringt.

10

Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich zur Umsetzung durch Pyrolyse von Haus- und Industriemüll oder einem anderen brennbaren Vormaterial, das zerkleinert ist und aus dem die Glas- und Metallbestandteile entfernt werden können. Es ist eine längliche, zylindrische Retorte vorgesehen, die eine Eingabeöffnung und eine Ausgabeöffnung hat. Die Retorte wird in einer Feuerkammer drehbar gelagert, wobei die Eingabeöffnung der Retorte vorzugsweise höher liegt als die Ausgabeöffnung.

Die zylindrische Retorte und die Innenfläche der Feuerkammer begrenzen eine Erhitzungszone, die durch einen Brenner erwärmt wird, der einen ersten und einen zweiten Brennstoffeinlass hat. Dem Brenner wird die Luft für die Verbrennung aus einem mittels eines Motors angetriebenen Gebläse zugeführt, das einen ersten und einen zweiten Auslass hat. Ein Antriebsmotor dient dazu, die Retorte langsam zu drehen.

Der Abfall wird in einen Bunker eingelassen, der mit einem Förderorgan verbunden ist, um den Abfall zur Eingabeöffnung der Retorte in der gewünschten Menge zu befördern. Das Förderorgan dient zusammen mit dem transportierten Abfall auch als Abdichtung, die verhindert, dass Sauerstoff aus der umgebenden Atmosphäre in die Pyrolysezone einströmt.

Die Ausgabeöffnung der Retorte ist sowohl mit einem Gefäss, das die verkohlten Produkte auffängt und in seinem Innern eine Auffangzone bildet, als auch mit einer Leitung, der das Pyrolysegas zugeführt wird, verbunden. Das Verfahren beginnt, indem dem ersten Einlass des Brenners Brennstoff zugeführt wird, bis der Brenner die Pyrolysezone und die Erhitzungszone auf Pyrolysetemperatur erhitzt hat.

Wenn die Pyrolysezone auf Pyrolysetemperatur erhitzt worden ist, neigt der Abfall, der sich in der Nähe der Eingabeöffnung der Retorte befindet, dazu, sich aufgrund der Schwerkraft und der durch die Förderschnecke erzeugten Vorschubkraft in Längsrichtung durch die Retorte zu der Ausgabeöffnung zu bewegen. Während der Abfall die Länge der Retorte durchläuft, wird er in verkohlte Produkte, brennbares Pyrolysegas und organische Flüssigkeiten mit einer komplexen chemischen Struktur umgesetzt.

Die heissen Rauchgase strömen aus der Erhitzungszone nach oben zu einem Wärmeaustauscher, in dem Wasser in Dampf umgewandelt wird. Die heissen, verkohlten Produkte entweichen aus der Pyrolysezone in die Auffangzone, wo sie ein Bett bilden, dem ein Luft- und Dampfstrom zugeführt wird, wodurch die verkohlten Produkte in eine Mischung aus brennbaren und nichtbrennbaren Gasen umgesetzt werden. Diese Mischung ist brennbar und wird im Folgenden als Heizgas bezeichnet. Es sind Organe vorgesehen, die den freien Durchlauf des Gases zwischen der Pyrolysezone und der Auffangzone beschränken. Das Heizgas und genügend Pyrolysegas werden zum Inganghalten der Pyrolyse zum zweiten Einlass des Brenners zurückgeführt. Die Brennstoffzufuhr zum ersten Einlass kann dann beendet werden. Die verkohlten Produkte bilden die Basis für die Erzeugung von Wärme, und zwar unabhängig davon, ob sie in der Auffangzone in Heizgas oder in der Erhitzungszone durch ihre unmittelbare Verbrennung in Wärme umgesetzt werden.

Der Auffangzone wird vorzugsweise aus dem Gebläse Druckluft und vorzugsweise aus dem Wärmeaustauscher Dampf zugeführt, wobei ein etwaiger Überschuss an Dampf zur Krafterzeugung verwendet wird.

Wenn es zweckmässig ist, die durch die Pyrolyse entstandenen komplexen Öle zurückzugewinnen, wird das Pyrolysegas durch einen oder mehrere Kondensatoren geführt.

Wenn es darüber hinaus zweckmässig ist, die verkohlten Produkte in der Auffangzone in Aktivkohle umzusetzen, dann kann die Auffangzone derart verändert werden, dass die verkohlten Produkte dem Einfluss von Wärme und Dampf ausgesetzt werden können. Die Auffangzone kann hierbei ohne

Schwierigkeit von einer Vorrichtung begrenzt werden, die die Pyrolysezone und die Erhitzungszone begrenzt.

Die Erfindung eröffnet viele Anwendungsmöglichkeiten, wie beispielsweise die Verfeuerung von Pyrolysegas und organischen Flüssigkeiten als Brennstoff oder ihre Rückgewinnung für anderweitige Verwendung. Die erhaltenen verkohlten Produkte können zur Herstellung von Briketts oder Aktivkohle verwendet oder Dampf und Luft ausgesetzt werden, um ein Heizgas zu erzeugen. Das Heizgas kann, nachdem die Retorte eine Pyrolysetemperatur erreicht hat, als Brennstoff verwendet werden, um die thermodynamische Reaktion in Gang zu halten.

